

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie

Zaměření: obrábění a montáž

## **Vliv procesních kapalin od největších světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování konstrukční oceli.**

The effect of the cutting fluids made by world's best manufacturers on the tools and the roughness of the surface of the structural steel after the milling.

*Petr Hvězda*

Vedoucí práce: Prof. Ing. Alexey POPOV, DrSc. – TUL

Konzultant: Ing. Miroslav Ledvina - TUL

Počet stran: 61

Počet příloh: 5

Počet obrázků: 25

Počet tabulek: 9

Počet grafů: 11

12.5.2013





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Petr H V Ě Z D A**  
Studijní program : B2341 Strojírenství  
Obor : 3911R018 Materiály a technologie  
Zaměření : Obrábění a montáž

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Vliv procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování konstrukční oceli**

#### **Zásady pro vypracování:**

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, Taylorův vztah, klasifikace procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje.
2. Shrnutí poznatků o kvalitě povrchu po obrábění. Definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu.
3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při frézování konstrukční oceli v laboratoři KOM FS TUL.
4. Zjištění vlivu jednotlivých procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na trvanlivost nástroje při frézování konstrukční oceli v laboratoři KOM FS TUL.
5. Zjištění vlivu jednotlivých procesních kapalin od nejlepších světových výrobců na drsnost povrchu při frézování konstrukční oceli v laboratoři KOM FS TUL.
6. Analýza laboratorních výsledků, vyvození závěrů.



Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva: cca 30 - 40 stran textu
- grafické práce: obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

1. MÁDL, J. *Řezné kapaliny v současné technologii obrábění*. In: Sborník vědeckých prací. 1. vyd. Ekologie obrábění, Strojírenská technologie knihovnička, 2000, s. 9 - 18. ISBN 80-7044-232-8.
2. STRYAL, J., JERSÁK, J. *Vliv procesního média na vlastnosti čelně frézovaných strojních součástí*. Strojírenská technologie. Rec. prof. Lukovics, doc. Mrkvica. roč. 16, duben 2011, č. 2. s. 39 - 44. ISSN 1211-4162.
3. SANDVIK Coromant, Sandviken. *Technická příručka obrábění – soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*. 2005. 601 s.
4. HOLEŠOVSKÝ, F., DUŠÁK, K., JERSÁK, J., aj. *Terminologie obrábění a montáže*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, ÚTRV, 2005. 208 s. ISBN 80- 7044-616-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Miroslav Ledvina



  
Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

  
Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan

V Liberci, dne 27. 02. 2013

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data. Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

**Vliv procesních kapalin od největších světových výrobců na  
trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování konstrukční  
oceli.**

*ANOTACE:*

Bakalářská práce obsahuje informace o trvanlivosti a opotřebení bříty nástroje, drsnosti povrchu obrobených ploch a o procesních kapalinách. Práce zkoumá vliv procesních kapalin při nesousledném frézování konstrukční oceli. Výsledky měření vlivu procesních kapalin jsou hodnoceny podle trvanlivosti bříty nástroje a drsnosti obrobeného povrchu při frézování konstrukční oceli.

Klíčová slova:

FRÉZOVÁNÍ, DRSNOST POVRCHU, TRVANLIVOST NÁSTROJE, PROCESNÍ KAPALINY, KONSTRUKČNÍ OCEL

The effect of the cutting fluids made by world's best manufacturers on the tools and the roughness of the surface of the structural steel after the milling.

*ANNOTATION:*

This bachelor thesis includes information about the durability and wear of the cutting edge, roughness of the machined surface and about the cutting fluids. Effect of the cutting fluids on conventional milling of structural steel is examined in the thesis. Results of the measurement of the effect of the cutting fluids are evaluated according to the durability of the cutting edge and roughness of the machined surface of the structural steel.

Keywords: MILLING, SURFACE ROUGHNESS, TOOL LIFE, PROCESS FLUIDS, STRUCTURAL STEEL

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2013

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 61

Počet příloh: 5

Počet obrázků: 25

Počet tabulek: 9

Počet tabulek: 11

### ***MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ***

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřeby TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li její licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinností informovat o této skutečnosti TUL. V tomto případě má TUL právo, ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření práce, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 12.5.2013

Podpis:

### ***PODĚKOVÁNÍ***

Rád bych zde poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Alexey Popovi DrSc. za pomoc při měření, jeho rady a konzultace při tvorbě bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Miroslavu Ledvinovi za připomínky a rady a panu Ing. Jiřímu Karáskovi za pomoc v laboratoři metrologie. Též všem ostatním zaměstnancům katedry obrábění a montáže, kteří mi byli nápomocni při tvorbě mé bakalářské práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své matce za velikou podporu a trpělivost při mém studiu. Děkuji tímto i všem ostatním, kteří mě v mém studijním úsilí a tvorbě bakalářské práce podpořili.

Petr Hvězda

## Obsah

ÚVOD.....	10
1. DEFINICE POJMU TRVANLIVOSTI NÁSTROJE PŘI TŘÍSKOVÉM OBRÁBĚNÍ, TAYLORŮV VZTAH, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN, ANALÝZA VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA TRVANLIVOST NÁSTROJE.....	11
1.1 Definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění.....	11
1.2 Taylorův vztah.....	12
1.3 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění.....	14
1.4 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin.....	16
1.5 Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje.....	18
2. SHRUTÍ POZNATKŮ O KVALITĚ POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ. DEFINICE POJMU DRSNOST POVRCHU, METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU.....	19
2.1 Shrnutí poznatků o kvalitě povrchu po obrábění.....	19
2.2 Definice pojmu drsnost povrchu.....	19
2.3 Metody měření drsnosti povrchu.....	20
3. NAVRŽENÍ METODIKY ZKOUMÁNÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE A DRSNOSTI POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.....	25
3.1 Navržení metody pro zkoumání trvanlivosti řezného nástroje v laboratořích KOM FS TUL.....	25
3.1.1 Příprava měření trvanlivosti řezného nástroje.....	25
3.1.2 Postup obrábění.....	27
3.2 Navržení metody pro zkoumání drsnosti povrchu v laboratořích KOM FS TUL.....	29
3.2.1 Příprava měření drsnosti povrchu materiálu.....	29
3.2.2 Postup obrábění.....	29

3.3 Seznam a popis použitých nástrojů a přístrojů pro metody zkoumání trvanlivosti řezného nástroje a drsnosti povrchu v laboratořích KOM FS TUL.....	31
4. ZJIŠTĚNÍ VLIVU JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ NA TRVANLIVOST NÁSTROJE PŘI FRÉZOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.....	38
4.1 Použití procesních kapaliny VASCO 1000 pro frézování.....	38
4.2 Použití procesní kapaliny CIMSTAR 620 pro frézování.....	39
4.3 Použití procesní kapaliny EOPS 1030 pro frézování.....	40
4.4 Použití procesní kapaliny HOCUT 795 B pro frézování.....	41
4.5 Použití procesní kapaliny BLASOCUT BC 35 KOMBI pro frézování.....	42
4.6 Použití procesní kapaliny GRINDEX 10 pro frézování.....	43
4.7 Porovnání průměrných hodnot trvanlivosti řezných destiček při použití různých procesních kapalin při frézování.....	44
5. ZJIŠTĚNÍ VLIVU JEDNOTLIVÝCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ NA DRSNOST POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.....	45
5.1 Vliv jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu při frézování.....	45
5.2 Porovnání průměrných hodnot drsnosti povrchu materiálu při frézování.....	47
6. ANALÝZA LABORATORNÍCH VÝSLEDKŮ; VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ.....	48
SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
SEZNAM PŘÍLOH.....	51

## ÚVOD

Jedním z nejpodstatnějších činitelů ovlivňujících technologii obrábění jsou procesní kapaliny. Procesní kapaliny ovlivňují odvod tepla, mazání obráběcí soustavy a tím i velikost tření. Dále mají vliv na jakost povrchu obráběného materiálu, trvanlivost rezného nástroje, velikost rezných sil a v neposlední řadě ekonomičnost výroby. Při vhodné volbě procesní kapaliny dokážeme uvedené skutečnosti kladně ovlivnit, a tím dosáhnout lepších výsledků při obrábění, jako je například prodloužení životnosti rezného nástroje. Procesní kapaliny volíme na základě metody obrábění, zvoleném obráběcím nástroji, druhu obráběného materiálu a volených rezných podmínkách.

Tato práce je rozdělena do několika kapitol, a to do kapitoly zabývající se teoretickou částí o životnosti, kapitoly opotřebení břitu nástroje a dále kapitoly charakterizující vlastnosti procesních kapalin, teorie o měření jakosti povrchu obrobeného materiálu a následného měření. Na teoretickou část navazují kapitoly experimentální, v kterých jsme navrhovali vlastní metodu měření a následné zjišťování vlivu procesních kapalin na životnost břitu obráběcího nástroje a dále drsnosti povrchu při nesousledném frézování námi zvoleného materiálu.

Celé měření vlivu procesních kapalin na trvanlivost břitu a jakost povrchu obráběného materiálu bylo prováděno v laboratořích Technické univerzity v Liberci, katedry obrábění a montáže. Při práci byly použity břitové destičky SNUN 120412;S30 a obráběný materiál 14220.3. Výsledkem práce je srovnání zkoušených procesních kapalin poskytnutých od českých a světových výrobců. Výsledky byly hodnoceny s přihlédnutím na trvanlivost obráběcího nástroje a na jakost obráběného povrchu.



# **1. DEFINICE POJMU TRVANLIVOSTI NÁSTROJE PŘI TŘÍSKOVÉM OBRÁBĚNÍ, TAYLORŮV VZTAH, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN, ANALÝZA VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA TRVANLIVOST NÁSTROJE.**

## **1.1 Definice pojmu trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění**

Trvanlivost břitu řezného nástroje je doba práce nástroje od naostření do jeho otupení.

Jedná se o produktivní upotřebitelnost, při níž jeden břit obrábí kov a v mezích stanovených parametry jakosti uděluje obrobku tvar. Všechny břity řezných nástrojů podléhají při obrábění určitému opotřebení, kterému jsou vystaveny až do okamžiku dosažení konce doby trvanlivosti. Trvanlivost jednoho břitu se počítá v minutách. [1]

Konec trvanlivosti břitu je dosaženo tehdy, není-li břit již schopen plnit stanovené úkoly. Tato skutečnost je snadno rozpoznatelná na jakosti obrobené plochy, přesnosti rozměrů obrobku a na schopnosti zaručit kontrolovatelný odvod třísky, ale také na tom, že opotřebení nástroje dosáhlo takového rozměru, že již není zaručena spolehlivá funkce břitu. [1]

Důležitou roli při stanovení kritérií trvanlivosti břitu nástroje hraje otázka, zda se jedná o obrábění načisto, nebo o hrubování. Na konci trvanlivosti se břit vymění dřív, než způsobí násilné přerušení operace nebo než dojde ke vzniku zmetků, způsobených lomem břitu. [1]

Parametry napovídající o vzniku opotřebení nástroje:

Opotřebení nástroje, nebo-li otupování břitu, je kontinuální proces, který vypovídá o opotřebování ploch břitu řezného nástroje - změny geometrie břitu, jeho postupného měnění pracovních ploch, měnění délky odřezávané vrstvy materiálu (odřezávaný objem materiálu) a zhoršující se drsností povrchu břitu, řezu a tvorby třísky.

K otupení břitu dochází:

1. Otěrem stykových míst materiálu břitu.
2. Plastickou deformací břitu.
3. Křehkým lomem porušením materiálu břitu. [3]

**Otěr břitu** je složitý fyzikálně chemický proces, značně odlišný od normálního otěru strojních součástí. Rozdíl je jednak v objemu otřeného materiálu za časovou jednotku, popř. v relativní dráze otírajících se částí, a jednak také ve změnách, k nimž dochází v mezních vrstvách materiálů otírajících se ploch. [3]

Podle druhu materiálu břitu, obrobku a řezných podmínek (zatěžujících podmínek) je otěr břitu buď kombinací fyzikálních a chemických dějů, kde jedna složka převažuje. Nebo může být otěr důsledkem pouze jednoho, či dvou těchto dějů.

Skupina fyzikálních jevů způsobujících otěr břitu:

- brusný účinek
- adheze

Skupina chemických jevů způsobujících otěr břitu:

- difuze
- vznik chemických sloučenin na stykových místech břitu

Otěr břitu má největší vliv na ekonomičnost obrábění, proto se tomuto problému v technické oblasti věnuje velická pozornost.

## 1.2 Taylorův vztah

Taylorův vztah vyjadřuje závislost trvanlivosti nástroje na řezných podmínkách při obrábění. [2]

Taylorův vztah v základním tvaru:

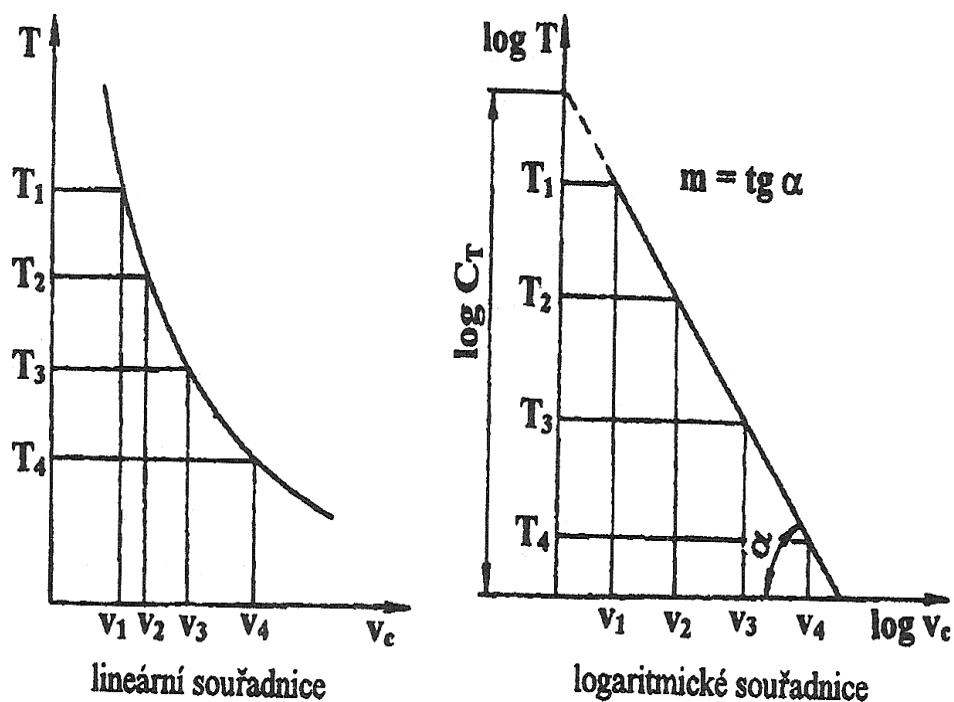
$$T = \frac{C_T}{V_C^m} \text{ [min]} \quad V_C = \frac{C_V}{T^{\frac{1}{m}}} \text{ [min]}$$

Taylorův vztah v komplexním tvaru:

$$T = \frac{C_T}{V_C^m \cdot a_p^x \cdot f^y} \text{ [min]} \quad V_C = \frac{C_V}{T^{\frac{1}{m}} \cdot a_p^{x_V} \cdot f^{y_V}} \text{ [min]}$$

Kde je:  $T$  ... trvanlivost nástroje [min]  
 $V_c$  ... řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]  
 $a_p$  ... hloubka záběru [mm]  
 $f$  ... posuv [ $\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ ]  
 $C_T$  ... konstanta Taylorova vztahu [ - ]  
 $C_V$  ... konstanta Taylorova vztahu [ - ]  
 $m$  ... exponent Taylorova vztahu závisující na  
materiálu bříty [ - ]  
řezná keramika 1,5-2,5  
slinuté karbidy 2,5-5  
rychlořezné oceli 5-8  
nástrojové oceli 8-10  
 $x$  ... exponent Taylorova vztahu [ - ]  
 $y$  ... exponent Taylorova vztahu [ - ]

Tyto hodnoty vyneseme do grafů a získáme křivky - průběhy závislost



Obr. 1. Grafy průběhů závislosti [2]

Břit nástroje je při řezání extrémně namáhán, proto dochází k jeho opotřebení a otupení po několik minutách. [2]

### **Formy opotřebení břitu:**

#### **I. Otěrem - abrazivní (brusný) otěr**

- adhezní otěr
- difuzní otěr
- chemický otěr

#### **II. Plastickou deformací**

#### **III. Křehkým lomem [2]**

Na trvanlivost nástroje má největší podíl z řezných podmínek řezná rychlost. Chceme-li zvýšit trvanlivost, musí se snížit řezná rychlost a naopak. [2]

### **1.3 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění**

Procesní kapaliny se dají rozdělit do dvou hlavních skupin podle účinku na proces řezání, tj. kapaliny s převažujícím chladícím účinkem a kapaliny s převažujícím mazacím účinkem. [4]

Toto rozdělení již přesně nevystihuje sortiment procesních kapalin, které jsou na trhu. Stále se totiž projevuje snaha zvyšovat mazací účinky i u procesních kapalin s převažujícím chladícím účinkem. Výroba ale potřebuje procesní kapaliny s oběma účinky. Moderní druhy procesních kapalin tento požadavek již plní a tak je stírán rozdíl mezi oběma skupinami. [4]

Procesní kapaliny se z tohoto důvodu dají dělit do skupin:

- Vodou mísitelné
  - Minerální
  - Polosyntetické
  - Syntetické
  - Speciální
- Vodou nemísitelné (Řezné oleje)
  - Rostlinné
  - Minerální
  - Syntetické
  - Koncentráty vysokotlakých přísad

### **Vodou mísitelné procesní kapaliny**

Z názvu je patrné, že hlavní složkou této procesní kapaliny je voda, která má nejlepší chladicí účinek. Její velkou nevýhodu je vlastnost podporující korozi (Cl ionty, soli Ca, Mg). Korozivzdorný účinek vyjadřujeme pomocí pH faktoru. Pokud máme  $\text{pH} = 7$ , jedná se o neutrální roztok. Je-li však pH vyšší, jedná se o alkalický roztok. Tyto roztoky snižují možnost koroze u železných kovů, avšak zvyšují nebezpečí koroze u neželezných kovů. Přípustná hodnota je  $\text{pH} = 9,5$ . Je-li naopak hodnota pH nižší, jedná se o kyselé roztoky.

Další nevýhoda vody, jako procesní kapaliny, je malý smáčecí účinek, tudíž vysoké povrchové napětí, a možnost přenosu bakterií, pokud není voda vhodně upravena.

- **Minerální procesní kapaliny** jsou svým charakterem zařazeny mezi kaloidní, heterogenní. [14] Jedná se o roztoky dvou, či více látek těžko mísitelných nebo nemísitelných. Jejich olejová část je ve formě kapiček, rozpuštěných ve vodě. Tyto kapičky jsou o velikosti  $10^{-7}$  až  $10^{-9}$  m. Dále se přidávají emulgátory měnící povrchové napětí vody nebo oleje, které zajišťují stabilitu disperzního prostředí.
- **Polosyntetické procesní kapaliny** neboli semisyntetické procesní kapaliny jsou ovlivňovány poměrem oleje a emulgátoru. Tyto poměry určují mazací, chladicí a čistící (vyplachovací) schopnost kapaliny. Pokud je přítomnost oleje v kapalině větší než přítomnost vody, můžeme říci, že roste mazací schopnost a naopak, chladicí a čistící schopnost kapaliny klesá.
- **Syntetické procesní kapaliny**, též vodné roztoky, charakterizujeme jako homogenní. Liší se od předešlých tím, že neobsahují olej, jsou průhledné a mají výrazný chladicí a vyplachovací účinek. Tento účinek uplatňujeme hlavně u obrábění broušením.
- **Speciální procesní kapaliny** jsou procesní kapaliny, jejichž vlastnosti se upravují, aby byly přímo určené pro určitou speciální oblast (broušení skla, keramiky, nebo jiné speciální druhy obrábění).

### **Vodou nemísitelné procesní kapaliny**

Patří sem řezné oleje, které se používají pro lapování, honování, frézování, superfinišování, vrtání.... Tyto procesní kapaliny se nemíchají s vodou. Jejich výhodou je, že neovlivňují životnost stroje, mají lepší účinky na povrchovou úpravu. Další výhodou je, že údržba oleje je mnohem jednodušší a jeho životnost delší. Také náchylnost ke korozi je mnohem menší, než u předešlé skupiny procesních kapalin. Nevýhoda řezných olejů, jako procesních kapalin spočívá v nižší chladicí schopnosti, a to hlavně u

operací s vysokými řeznými rychlostmi. Náchylnost ke vzplanutí oleje, zapříčiňuje prodražení pro uživatele, zejména v oblasti požární ochrany.

- **Rostlinné oleje** se skládají z esterů mastných kyselin a částečně i z volných mastných kyselin. [1] Jejich výhoda spočívá na rozdíl od minerálních olejů ve vyšší mazací schopnosti. Jsou však náchylné ke stárnutí.
- **Minerální oleje** jsou kapalné uhlovodíky vyrobené z ropy. [15] jejich výhodou je dobrá mazací schopnost a nízká náchylnost k oxidaci, nejsou náchylné na mikrobiální rozklad jako je tomu například u vodou mísitelných procesních kapalin. Jejich velkou nevýhodou je nízký chladicí účinek.
- **Syntetické oleje** - jejich koncepce je na bázi syntetických esterů, polyalfaolefinů... Vlastnosti této procesní kapaliny jsou lepší než vlastnosti minerálních olejů, a to ve vysoké životnosti, ekologické, zdravotní nezávadnosti a v neposlední řadě ve vyšších teplotách, při kterých hrozí jejich vzplanutí.
- **Koncentráty vysokotlakých přísad** jsou koncipovány tak, aby zlepšovaly předem vybrané parametry, jako jsou například minimalizace tření na čele břitu nástroje... Toto se děje díky vhodným přísadám, které vhodně ovlivňují mazací účinky těchto procesních kapalin. Mezi používané přísady patří např. EP a AW přísady.

#### 1.4 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin

Řezné kapaliny prvotně zajišťují dobré chlazení, resp. mazání, ale jejich působení na průběh nebo výsledek obráběcího procesu je mnohem širší. [6]

Vlastnosti procesních kapalin: - Chladicí účinek

- Mazací účinek
- Čistící účinek
- Ochranný účinek
- Provozní stálost
- Přiměřené náklady
- Zdravotní nezávadnost
- Ekologická nezávadnost

- **Chladicím účinkem** se rozumí schopnost procesní kapaliny odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každá kapalina, která máčí povrch kovu a pokud existuje tepelný spád mezi povrchem a kapalinou. Tento účinek nastává při obrábění vždy. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že proud procesní kapaliny oplachuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá

teplo. Chladicí účinek procesních kapalin bude záviset na jejich smáčecí schopnosti, na výparném teple, na rychlosti vypařování za určitých teplot, na tepelné vodivosti a na měrném teple. Čím budou tyto veličiny větší, bude větší i chladicí účinek procesní kapaliny. Stejně důležité je i průtokové množství. Výparné teplo zvětšuje chladicí účinek kapaliny, ale přílišné odpařování kapaliny není žádoucí. Aby byla procesní kapaliny využita hospodárně z hlediska čistoty a zdraví, je nutné vznikající páry odsávat. [7]

- **Mazací účinek** kapaliny je schopnost kapaliny vytvořit na povrchu kovu vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů nástroje a obrobku a snižuje tím tření, ke kterému by jinak docházelo.

Mazací účinek tudíž znamená zmenšení řezných sil, snížení spotřeby energie a zlepšení jakosti obrobeného povrchu.

- **Mazací schopnost** procesní kapaliny je závislá na její viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Kapaliny s vyšší viskozitou hůře pronikají do místa řezu a špatně odvádí z tohoto místa teplo, což se také projeví na ztrátách, jelikož kapalina zůstává na třískách. Toto lze zlepšit přísadami povrchově aktivních látek, které pronikají do trhlin a usnadňují obrábění.

- **Čistící účinek** procesní kapaliny znamená její schopnost odplavovat třísky z místa řezání. Na čistící účinek kapaliny má vliv i čistota samotné proudící procesní kapaliny. Je důležité, aby procesní kapalina byla co nejdokonaleji přefiltrována a vyčištěna, než bude ze sběrného místa přístroje přivedena opět do místa řezu. Špatně přefiltrovaná kapalina by zapříčinila zhoršení jakosti povrchu obrobené plochy, neboť jemné částice, které se neusadily na dně nádrže, by poškozovaly obráběný povrch. Nejvíce znatelný je čistící účinek při operacích, kdy procesní kapaliny musí odnášet třísky z místa řezu, jako je broušení, řezání závitů, vrtání hlubokých děr.

- **Ochranný účinek** procesní kapaliny dbá na to, aby obrobky nepodléhaly korozi mezi jednotlivými úseky výroby, toho se dá docílit pomocí přísad, které ochrání obrobky proti korozi. Dalším důležitým ochranným požadavkem procesních kapalin je, aby nerozpouštěly nátěry, gumové a plastové díly stroje. [5]

- **Provozní stálost** procesní kapaliny je doba, po kterou procesní kapalina nemění své požadované provozní vlastnosti. Po uplynutí této doby musí být procesní kapalina vyměněna, neboť kapalina stárne a ztrácí svoje kladné vlastnosti, a tím může dojít k zhoršení mazacího účinku, ochranných schopností, korozi, snížení trvanlivosti nástroje, nebo zhoršení kvality obrobené plochy obrobku. Tato vlastnost procesní kapaliny je závislá na jejích fyzikálních a chemických vlastnostech a na teplotě.

- **Přiměřené náklady** souvisí především se spotřebou procesní kapaliny. Při rozboru nákladů na procesní kapaliny je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění, tj. na trvanlivost nástroje, ostření, jakost obrobku a spotřebu energie. Po tomto rozboru musí následovat hodnocení procesní kapaliny s ohledem na její provozní stálost, spotřebu a výměnu. Je třeba zvážit náklady na likvidaci procesní kapaliny. [4]
- **Zdravotní nezávadnost** procesních kapalin vychází z nároků směrem od obsluhy, když při práci na obráběcích strojích přichází neustále do styku s procesními kapalinami. Procesní kapalina musí být zdravotně nezávadná, aby obsluze nezpůsobovala zdravotní komplikace, tudíž nesmí obsahovat látky dráždivé sliznici a pokožku. Zdravotní nezávadnost také závisí na provozní stálosti procesní kapaliny. Přestože je dbáno na zdravotní nezávadnost procesní kapaliny, je nutné dodržovat základní hygienická opatření, jako je umývání, větrání, ochrana pokožky.
- **Ekologická nezávadnost** procesních kapalin:  
Ochrana životního prostředí má dnes veliký význam. A právě ve strojírenské praxi tento význam vzrůstá, díky častým ekologickým problémům, jako je unikání mazacích kapalin z mazacích okruhů strojů, hydrauliky... Velká část obráběcích operací se bez použití řezných kapalin neobejde, a proto někteří výrobci vyvíjejí alternativní řezné kapaliny, které nejsou na bázi ropy. V současné době jsou jako vhodné prostředky estery nebo prostředky na živočišné a rostlinné bázi. Dalším problémem je znečišťování ekologicky příznivých kapalin cizími oleji. Tento problém dnes výrobci řeší multifunkčními oleji, které mají funkci jak hydraulických olejů a řezných kapalin, tak mazacích vodících ploch.

### 1.5 Analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje

Procesní kapaliny snižují teplotu stykových míst břitu, jednak snížením celkového množství tepla, má-li kapalina mazací schopnost, a jednak odvodem tepla kapalinou. Teplo přechází do kapaliny z nástroje, obrobku a z volné plochy třísky, což vede ke snížení teploty stykových míst břitu. Nižší teplota řezání, dosažená působením řezné kapaliny, se projeví obecně menší intenzitou otupování řezného nástroje, tudíž nástroj má vyšší trvanlivost. [12]

Musíme však brát v potaz materiál řezného nástroje, protože nynější druhy slinutých karbidů, a to zvláště slinuté karbidy povlakované, mají při frézování za sucha delší trvanlivost a nevyžadují tedy použití procesní kapaliny. Je-li však použití procesní kapaliny pro frézování nezbytné (odstraňování třísek), musíme procesní kapalinu dodávat do místa chlazení v dostatečné míře a po celou dobu obrábění nástroje, aby nedošlo k tepelným výkyvům. Tyto teplotní výkyvy by měly za následek vznik trhlin v břitové destičce a



docházelo by k vydrolování ostří břitů, což způsobí snížení životnosti břitů destičky a vede k předčasné výměně břitové destičky.

Z tohoto důvodu se snažíme procesní kapaliny nahrazovat, např. při odstraňování třísek z místa řezu používáme stlačený vzduch.

Největší význam má použití procesních kapalin při dokončovacích operacích, kde břit nástroje odebrá malou vrstvu materiálu, při obrábění nevzniká takové teplo, jako je tomu u obrábění nahruho. Při dokončovacích operacích nám nejde ani tak o trvanlivost nástroje, jako o dosažení co nejvyšší jakosti obrobené plochy.

## **2. SHRUTÍ POZNATKŮ O KVALITĚ POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ. DEFINICE POJMU DRSNOST POVRCHU, METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU.**

### **2.1 Shrnutí poznatků o kvalitě povrchu po obrábění**

Při výrobě strojních součástí je nutné dbát nejenom na přesnost rozměrů, ale také na vzniklé nerovnosti povrchu. Jednotlivé plochy mohou vznikat obráběním (povrch obrobený), kde nerovnosti zanechává řezný nástroj, brusivo apod. Nebo zachováním původního povrchu polotovaru (povrch neobrobený), kde zůstávají podle způsobu zpracování otisky nerovností forem, kovadel, válců apod. [11]

Obrábění řeznými nástroji musí vzhledem k četným požadavkům kladeným na vyráběné obrobky splňovat určité předpoklady. Jedním ze základních předpokladů je, že jakost obrobené plochy se musí pohybovat v rozsahu určitých zadaných hodnot, které je možné na různých strojích nezávisle na času a místě bezpečně a v libovolném počtu opakovaně dosahovat.

Musí být definovány měrné veličiny, které určí charakter povrchu, a je nutné rovněž stanovit, jakým způsobem bude provedeno měření jakosti povrchu, která je výsledkem procesu obrábění.

Úkolem výroby je zajistit, aby obrobená plocha byla dostatečně kvalitní a zaručovala tak správnou funkci obrobku. [1]

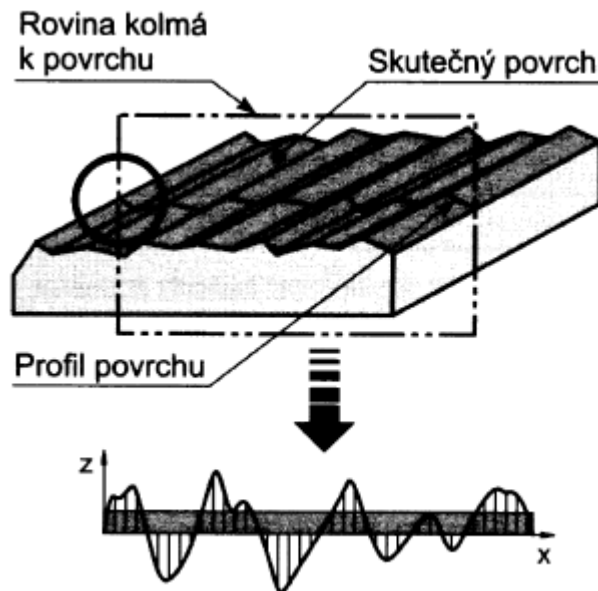
### **2.2 Definice pojmu drsnost povrchu**

Drsnost obrobeného povrchu se rozumí rozměrově velmi malé nepravidelnosti ( $\mu\text{m}$ ) povrchu, které vznikají jako stopy po břitech nástrojů, brusných zrnech apod. Velikost a tvar nepravidelností povrchu jsou dány způsobem obrábění, fyzikálními vlastnostmi materiálu, třením nástroje po obrobené ploše..... [9]

- Na drsnost povrchu obrobku má vliv:
  - druh obráběného materiálu
  - zvolený způsob obrábění
  - zvolený břit nástroje (jeho tvar a materiál)
  - zvolené řezné podmínky obrábění
  - obráběcí prostředí
  - velikost opotřebení obráběcího nástroje
  - tuhost obráběcí soustavy

### 2.3 Metody měření drsnosti povrchu

Pro účely měření a vyhodnocení struktury povrchu byla zvolena profilová metoda hodnocení, kdy profil povrchu vzniká jako průsečnice nerovností skutečného povrchu s rovinou vedenou kolmo k tomuto povrchu. Profil povrchu je základním zdrojem informací pro posuzování struktury povrchu. [11]

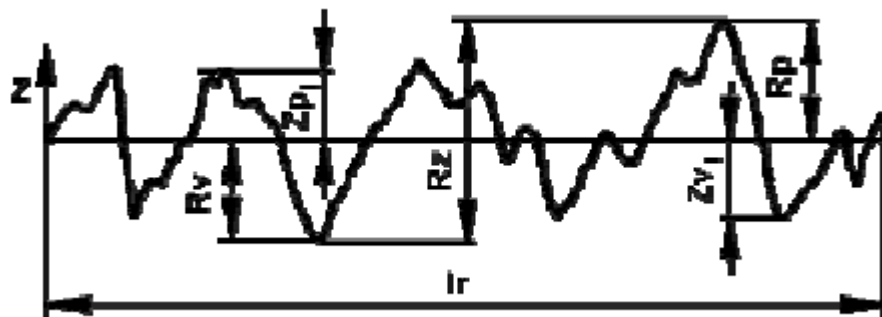


Obr. 2. obrázek profilu povrchu [13]

#### Hodnocení drsnosti povrchu:

Z profilu povrchu se pomocí přístrojů odvodí profil drsnosti (R-profil), profil vlnitosti (W- profil) a profil základního profilu (P-profil). Při předepisování na výkresech vycházíme z profilu drsnosti a využíváme výrobou ověřený parametr drsnosti  $R_a$ . [11]

Pro výpočet průměrné aritmetické úchylny profilu  $R_a$  lze využít aritmetický průměr absolutních hodnot výšek profilu, případně integrální výpočet. Nerovnosti jsou vždy charakterizovány v rozsahu základní délky  $l$ . [11]



$R_a$  – střední aritmetická úchylka profilu

$R_z$  – největší výška profilu

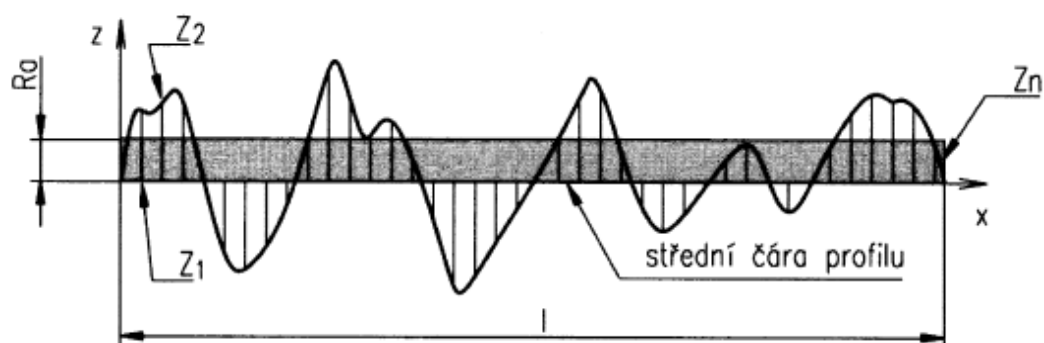
$R_v$  – největší hloubka prohlubně profilu

$R_p$  – největší výška výstupku profilu

$l_r$  – délka měřeného vzorku

- Výpočet střední aritmetické úchylky profilu  $R_a$ :

-  **$R_a$** , střední aritmetická úchylka profilu materiálu, je parametr profilu drsnosti ve směru výšky



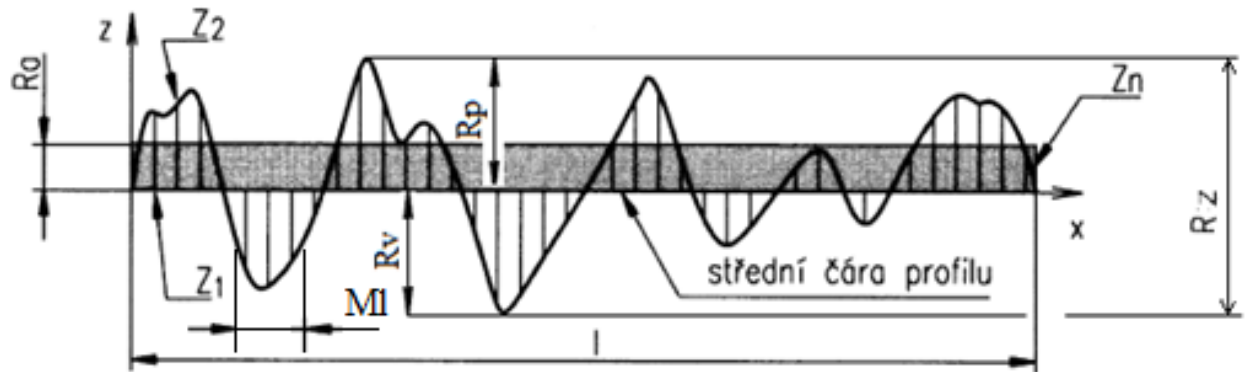
Integrační výpočet  $R_a$

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx$$

Statistická metoda  $R_a$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i| = \frac{|z_1| + |z_2| + |z_3| + \dots + |z_n|}{n}$$

- **$R_z$** , je největší výška měřeného profilu. Je to součet nejvyššího výstupku  $R_p$  a nejnižší rýhy  $R_v$ .
- **$C_{tp50}$** , je nosný podíl materiálu. Neboli materiálový podíl drsnosti povrchu, je procentuální podíl součtu délek materiálových přímek  $MI$  v dané výšce profilu k měřené délce  $L$ . Udává podíl materiálu, jako funkci hladiny řezu.



#### **Měření drsnosti povrchu:**

Pro měření drsnosti povrchu máme tři základní metody, metodu porovnáním s etalony drsnosti, metodu dotkových profilometrů a metodu bezdotkovou, nebo-li metodu využívající interferenci světla a světelného řezu.

##### **- Metoda porovnání s etalony drsnosti:**

Tato metoda se používá ve výrobě jako metoda orientační, je totiž svou podstatou nepřesná. Je to nejjednodušší metoda založená na využití lidských smyslů. Při této metodě porovnáváme povrch obrobené součásti s etalonem o stejné drsnosti povrchu, buď okem nebo mikroskopem. V celém měření hraje velikou roli zkušenost metrologa.

- Nutná pravidla pro použití této metody:

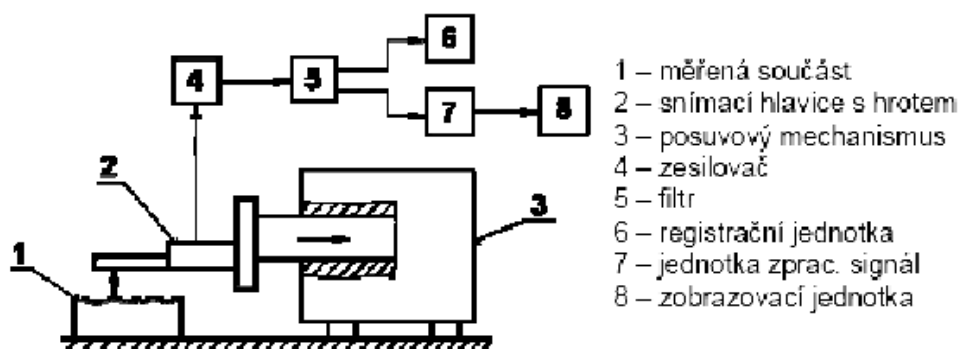
- stejný nebo alespoň podobný materiál porovnávané součásti a etalonu
- musíme pozorovat a porovnávat vzorky za stejných podmínek (světlo)
- musíme použít stejnou trajektorii obrábění povrchu porovnávané součásti a etalonu

##### **- Metoda dotkových profilometrů:**

Tato metoda patří mezi nejmodernější a nejrozšířenější statistické a spektrální metody pro měření drsnosti. Základem této metody je dotyk čidla, které se posouvá po měřeném vzorku. Čidlo zaznamenává nerovnosti povrchu po celou dobu pohybu po měřeném vzorku. Data z celého měření se přes vyhodnocovací jednotku zpracovávají v počítači a

výsledky měření drsnosti povrchu se snadno vyhodnotí odečtením z monitoru.

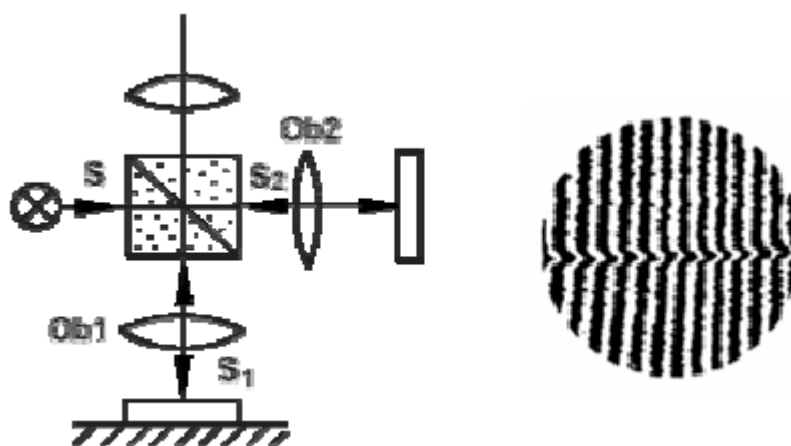
- Profilometr má dvě základní části:
  - mechanickou
  - elektronickou



Obr. 3. Princip měření drsnosti profilometrem [8]

**- Metoda využívající interferenci světla:**

Paprsek postupuje přes polopropustné zrcadlo, to jej rozdělí na 2 části. Část  $S_1$  pokračuje dále na měřený povrch a zpátky do okuláru a druhá část  $S_2$  se odrazí od zrcadla přímo zpět do okuláru. Tam se paprsky interferují (spojí se) a získáme odraz povrchu. [8]



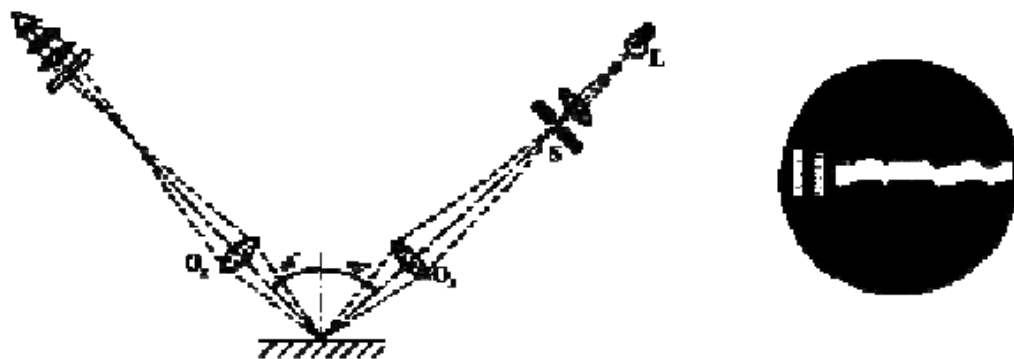
Interferenční mikroskop (vlevo), obraz v okuláru přístroje (vpravo)

Obr. 4. Princip měření drsnosti metodou využívající interferenci světla

**- Metoda světelného řezu:**

Pro určování drsnosti touto metodou se nejčastěji používá dvojitý mikroskop Schmalz. Velmi tenký paprsek dopadá na naměřený povrch pod úhlem  $45^\circ$ . Odrazem od nerovnosti vzniká odraz profilu v poli mikroskopu. [8]

Takto naměřené hodnoty se odečítají z okulárů a dále se vyhodnocují.



Metoda světelného řezu – princip a odraz v okuláru  
 Obr. 5. Princip měření drsnosti metodou světelného řezu

**- Příklady drsnosti povrchu  $R_a$ :**

$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Použití:
0,012	nejhladší funkční plochy, které mají mít co nejmenší opotřebení při vysokých tlacích
0,1	kluzné plochy hřídelů pro přesná uložení s malou vůlí, činné plochy měřidel, lapované díry
0,8	kluzné plochy s menší kluznou rychlostí, lisované uložení, funkční plochy řemenic
3,2	kluzné plochy s velmi malou kluznou rychlostí a bez nároku na přesnost uložení
12,5	hrubě obrobené dosedací plochy bez vzájemného pohybu, nefunkční plochy, čelní plochy hřídelů, ozubených kol, plochy pro návary

Směrnice pro použití  $R_a$  [10]

### **3. NAVRŽENÍ METODIKY ZKOUMÁNÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE A DRSNOSTI POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.**

#### **3.1 Navržení metody pro zkoumání trvanlivosti řezného nástroje v laboratořích KOM FS TUL**

##### **3.1.1 Příprava měření trvanlivosti řezného nástroje**

##### **- Použité přístroje a nástroje pro navrženou metodu měření trvanlivosti:**

- frézka FNG 32
- fréza Ø 63 mm
- břitové destičky SNUN 120412; S30
- nástrojová lupa Brinell
- ruční refraktometr Brix 0 – 18 % ATC

##### **- Příprava univerzální frézky FNG 32:**

Příprava frézky proběhla velmi rychle. Nejdříve jsme upevnili břitovou destičku do upínacího nástroje, který byl ve frézce již upnut. Dále jsme k pracovnímu stolu frézky připevnili pomocí upínek svěrák a přistoupili k přípravě obráběného materiálu.

##### **- Příprava obráběného materiálu:**

Pro tuto metodu zkoumání trvanlivosti řezného nástroje bylo využito materiálu konstrukční oceli 14220.3, čtvercového průřezu 80 mm, délky 500 mm. Materiál jsme museli zkrátit z původních 1000 mm na pásové pile, a to z důvodů omezeného rozsahu posuvu stolu frézky. Takto upravený materiál jsme vložili do svěráku, připevněného ke stolu frézky. Dále jsme ho vyrovnali a dostatečně upnuli, aby nedošlo k jeho pohybu.

##### **- Příprava procesních kapalin pro frézování:**

Z procesních kapalin nám dodaných od českých a světových výrobců bylo nejdříve nutné namíchat 5 % roztok řezné kapaliny a vody. Jelikož každá dodaná kapalina měla jiné refrakční číslo, museli jsme si nejdříve vypočítat koncentraci měřenou na refraktometru. Dále jsme namíchali řeznou kapalinu daného poměru v připravené nádobě. Do nádoby jsme nejdříve nalili vodu a následně jsme přidávali dodanou procesní kapalinu. Kapalinu jsme dolévali, dokud nebylo dosaženo požadované koncentrace, kterou jsme zjišťovali refraktometrem. Aby byly dodrženy řezné podmínky při frézování a nedošlo k ovlivnění

výsledků měření, kontrolovali jsme správnou koncentraci namíchané kapaliny po celou dobu frézování. Po dokončení obrábění jsme kapalinu přelili do připravených nádob, aby mohly tyto kapaliny být ekologicky zlikvidovány.

**- Výpočet hodnoty pro refraktometr:**

$$r = \frac{C}{K}$$

r - hodnota odečítaná z refraktometru

C - požadovaná koncentrace

K - refrakční faktor kapaliny

**- Příklad provedeného výpočtu pro kapalinu HOCUT 795 B:**

$$\begin{array}{l} K=1 \\ C=5\% \end{array} \quad r = \frac{5\%}{1} = 5\%$$

**- Jednotlivé refrakční koeficienty a hodnoty refraktometru:**

HOCUT 795 B	K=1	r=5%
EOPS 1030	K=1,1	r=4,5%
BLASOCUT BC 35 KOMBI	K=1	r=5%
GRINDEX 10	K=1,6	r=3,125%
VASCO 1000	K=1	r=5%
CIMSTAR 620	K=1,4	r=3,6%



**- Zvolení a nastavení řezných podmínek:**

Řezné podmínky jsme zvolili podle obráběného materiálu a řezných rychlostí použitých břitových destiček.

$$V_c = 85 \quad [\text{m/min}]$$

$$a_p = 1 \quad [\text{mm}]$$

$$f_z = 0,1 \quad [\text{mm}]$$

$$f = 44 \quad [\text{mm/min}]$$

$$n = 440 \quad [\text{ot/min}]$$

**3.1.2 Postup obrábění**

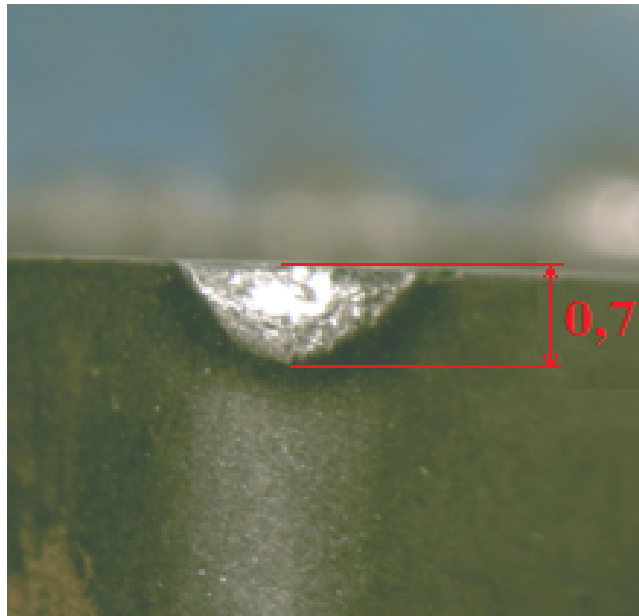
Vzali jsme připravenou břitovou destičku a upnuli jsme jí do nástroje. Využili jsme posuvy a rychloposuvy stroje a najeli jsme na danou hloubku  $a_p$  a šířku záběru, která odpovídala zhruba polovině průměru frézy. Dále jsme spustili otáčky vřetene pro nesousledné frézování a zapnuli pracovní posuv v ose X. Po začátku práce nástroje jsme pracovní osuv vypnuli a na ovládacím panelu stroje jsme vynulovali ve všech třech směrech souřadnice. Pustili jsme přívod pracovní kapaliny do místa obrábění a zároveň nastavili její dostatečný přívod a směr do pracovního prostoru. Následně jsme opětovně zapnuli pracovní posuv v ose X.



Obr. č.6. Frézování

Když nástroj s upnutou břitovou destičkou přejel celou délku obráběného materiálu, zastavili jsme stroj a vyjmuli břitovou destičku z nástroje. Provedli jsme měření opotřebení břitové destičky pomocí Brinellovi lupy. Pokud jsme zjistili, že opotřebení dosáhlo kritického opotřebení, připravili jsme celou soustavu pro měření za použití další procesní kapaliny. V případě, že nebylo dosaženo kritického opotřebení břitové destičky, vyčistili jsme místo upnutí materiálu. Upnuli jsme zase materiál do svěráku a celý proces opakovali do doby, než jsme naměřili požadované hodnoty kritického opotřebení. V některých případech jsme zastavovali stroj dříve než došlo k přejetí celé délky materiálu. Podle hluku a rázu stroje jsme orientačně mohli zjistit míru opotřebení břitové destičky.

Jako kritické opotřebení jsme zvolili hodnotu  $VB_{\max} = 0,7$  mm.



Obr. č 7. Velikost opotřebení břitu nástroje

Na stroji jsme provedli celkem 30 měření, a to pro pět procesích kapalin. Pro každou kapalinu jsme měření opakovali pětkrát, aby naměřené hodnoty měly vypovídající schopnost.

### 3.2 Navržení metody pro zkoumání drsnosti povrchu v laboratořích KOM FS TUL

#### 3.2.1 Příprava měření drsnosti povrchu materiálu

##### - Použité přístroje a nástroje pro navrženou metodu měření drsnosti povrchu:

- frézka FNG 32
- fréza Ø 63 mm
- břitové destičky SNUN 120412; S30
- drsnoměr Mitutoyo SV-2000
- počítač s programem Surfpak
- ruční refraktometr Brix 0 – 18 % ATC

##### - Příprava materiálu vzorku pro měření drsnosti povrchu:

Pro zkoušky drsnosti povrchu materiálu jsme použili stejný materiál, jako u zkoušek trvanlivosti břitu nástroje - ocel 14220.3, kterou jsme nařezali na pásové pile na kvádry o velikosti 20x30x10 mm.

##### - Příprava řezných kapalin:

Pro zkoušky drsnosti povrchu materiálu jsme použili stejné řezné kapaliny, jako u měření trvanlivosti břitu řezné destičky.

##### - Řezné podmínky:

Aby vliv opotřebení nástroje neovlivňoval drsnost povrchu, volili jsme řezné podmínky menší, než u zkoušek trvanlivosti břitu nástroje,.

$$V_c = 85 \quad [\text{m/min}]$$

$$a_p = 1 \quad [\text{mm}]$$

$$f_z = 0,1 \quad [\text{mm}]$$

$$f = 30 \quad [\text{mm/min}]$$

$$n = 300 \quad [\text{ot/min}]$$

#### 3.2.2 Postup obrábění

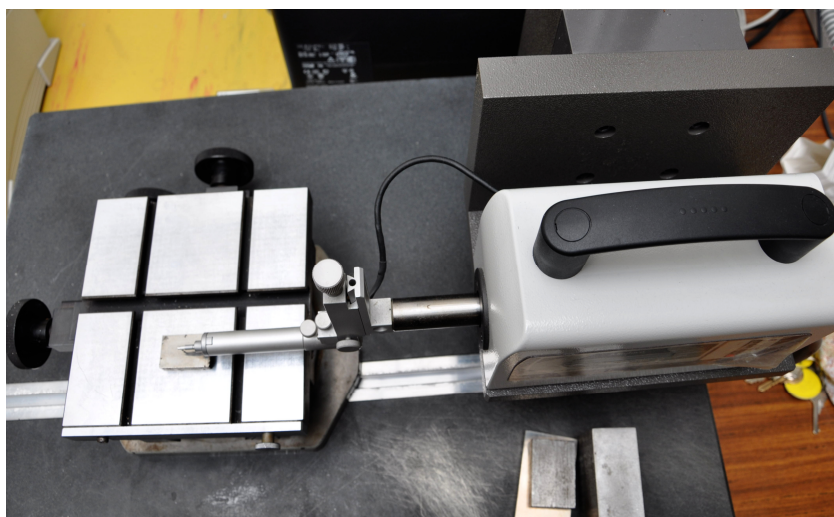
Do nástroje jsme upnuli břitovou destičku. Uříznutý vzorek jsme upnuli do připraveného svěráku na stolku frézky. Využili jsme posuvy a rychloposuvy stroje a najeli ke vzorku na požadovanou hloubku  $a_p = 1$  mm. Musíme dbát na to, aby fréza jela středem vzorku a nedošlo ke kolizi břitové destičky a svěráku. Nastavili jsme příslušné řezné podmínky a začali obrábět vzorek.



Obr. 8. Frézování vzorku pro měření drsnosti povrchu

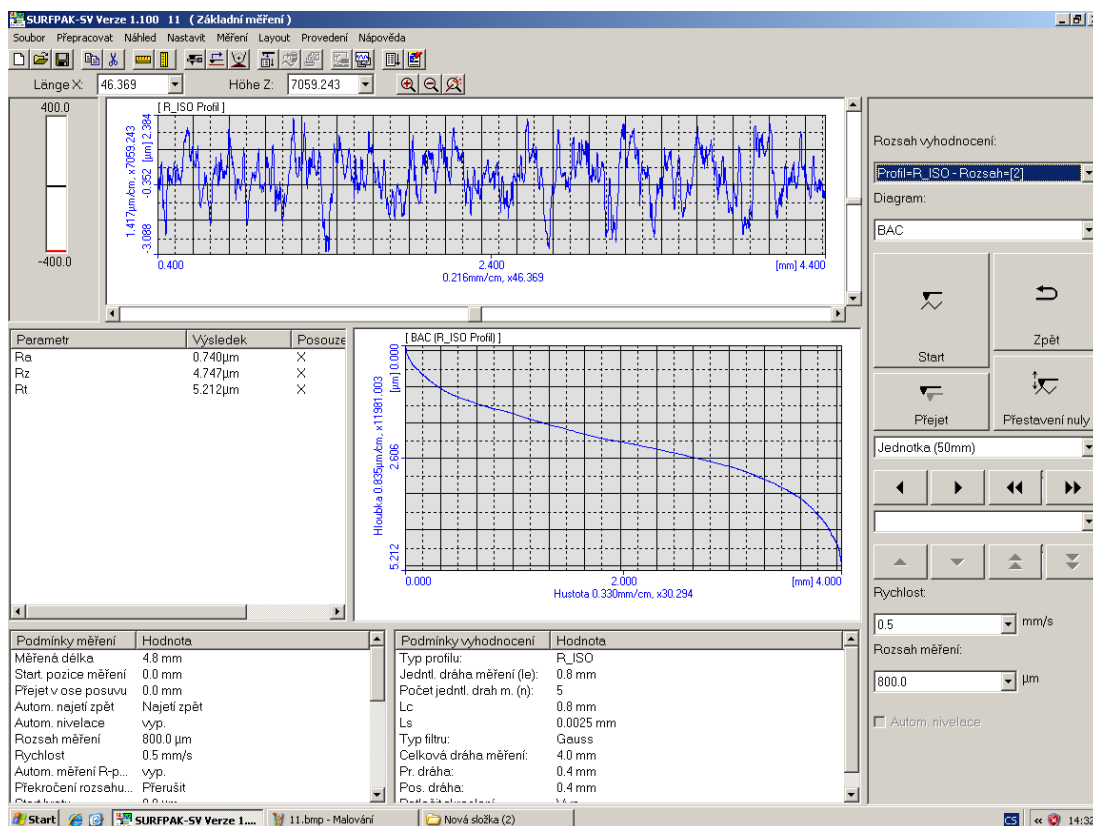
Na každý vzorek jsme použili novou břitovou destičku a řeznou kapalinu. Po skončení obrábění jsme všechny obrobené vzorky odnesli do laboratoře pro měření drsnosti povrchu materiálu KOM. Odměření drsnosti povrchu všech obrobených vzorků bylo provedeno na profiloměru Mitutoyo Surftest SV-2000. Jako reprezentativní oblast měření na vzorku jsme vybrali jeho střední oblast. Na každém vzorku jsme provedli 10x měření, aby měření mělo vypovídací schopnost.

Přes danou plochu vzorku o délce 4,8 mm přejížděl diamantový hrot rychlostí 0,5 mm/s.



Obr. 9. Měření drsnosti profiloměrem Mitutiy Surftest SV-2000

Všechny naměřené výsledky byly zpracovány a vyhodnoceny v počítači programem Surfpak. Výsledky byly v podobě jak grafickém, tak v datovém formátu.



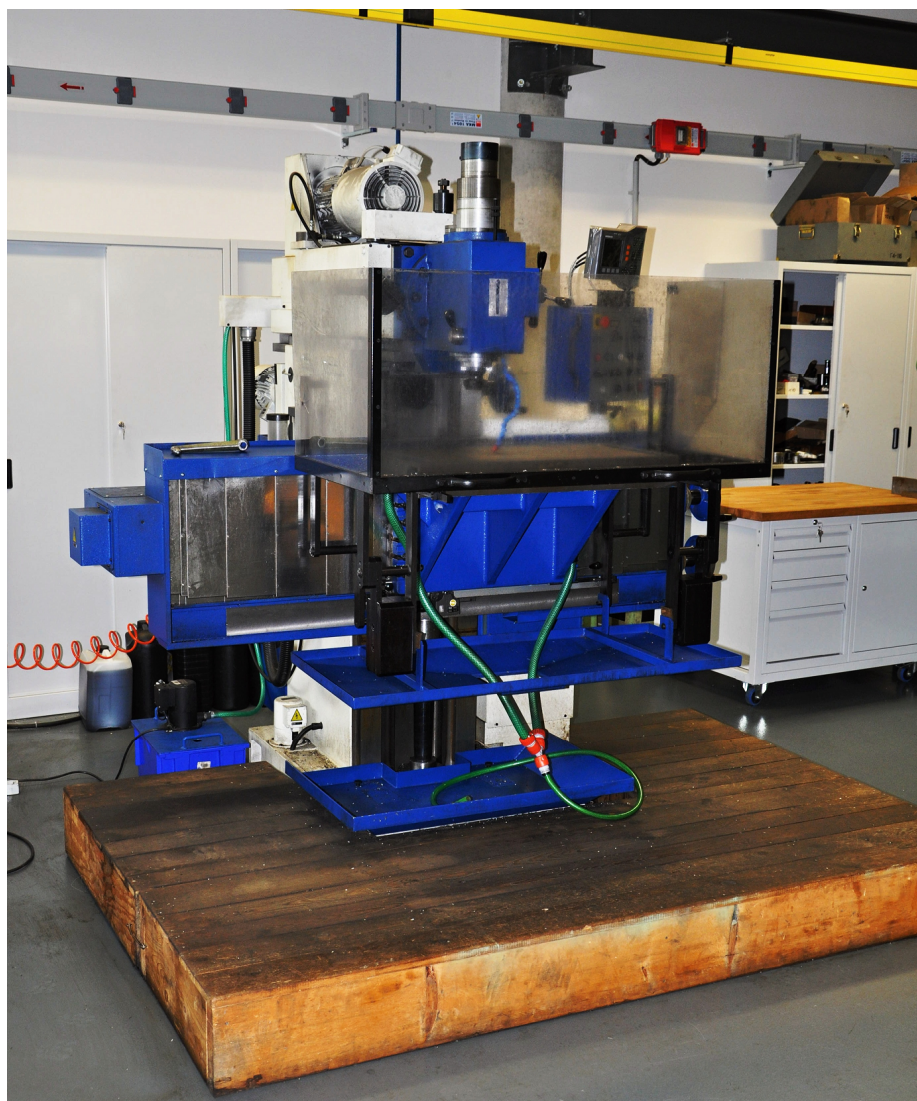
Obr. 10. Počítačem vygenerované parametry drsnosti

### 3.3 Seznam a popis použitých nástrojů a přístrojů pro metody zkoumání trvanlivosti řezného nástroje a drsnosti povrchu v laboratořích KOM FS TUL

#### - Nástrojová frézka FNG 32:

Celé obrábění jsme prováděli na nástrojové frézce FNG 32. Frézka byla vyrobena firmou TOS Olomouc s.r.o. Pro lepší odečítání obrobených vzdáleností vybavena číslíkovou indikací polohy. Na tomto nástroji je možné frézovat, vyvrtávat, vyrábět závity a vrtat. Upnutí pracovního nástroje je u frézky zajištěno pneumaticko-hydraulickým zařízením.





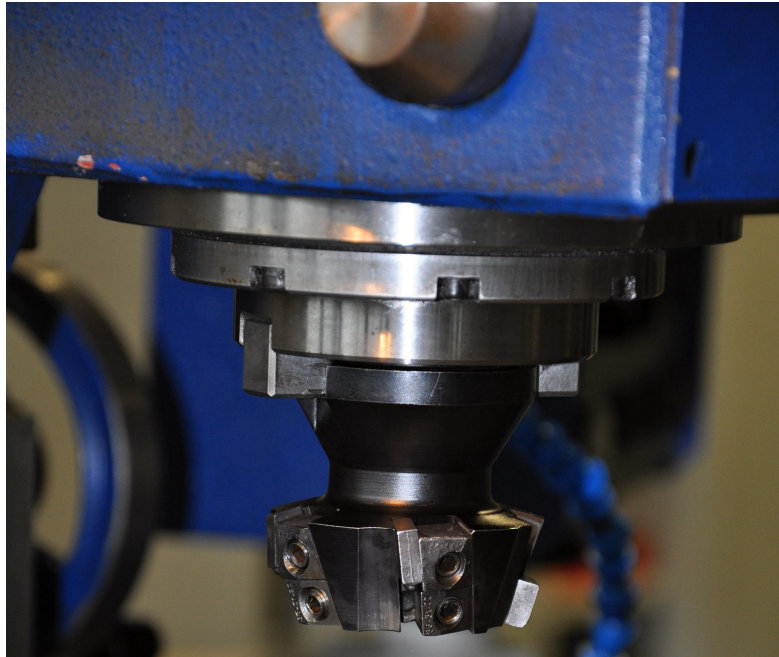
Obr. 11. Nástrojová frézka FNG 32

-Technické parametry frézky:

- výkon hlavního motoru: 4,0 [kW]
- řazení otáček stroje: plynulé
- vertikální vřeteno, rozsah otáček: 50 - 4000 [ot/min]
- hmotnost stroje: 2500 [kg]
- pracovní zdvih stroje:
  - podélný zdvih (X) 600 [mm]
  - příčný zdvih (Y) 400 [mm]
  - svislý zdvih (Z) 400 [mm]

**- Fréza:**

Při obrábění jsme použili čelní rovinou frézu průměru 63 mm s lůžky pro pět břitových destiček firmy Narex.



Obr. 12. Frézka od firmy Narex

**- Břitové destičky:**

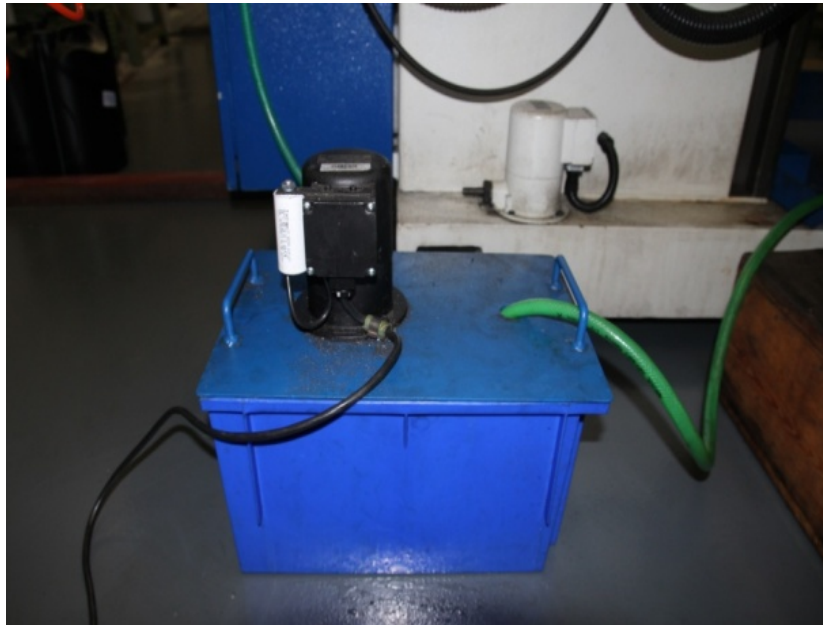
Pro obrábění daného materiálu 14220.3 jsme použili vyměnitelné břitové destičky SNUN 120412;S30



Obr. 13. Břitové destičky SNUN

**- Chladicí zařízení:**

K rozvodu a dopravě procesní kapaliny do místa obrábění, jsme použili čerpadlo připevněné na externí nádrž, kterou jsme připojili na rozvod chladicí kapaliny univerzální frézky FNG 32. Díky použití tohoto systému se nám usnadnila celá výměna chladicích kapalin.



Obr. 14. Chladicí zařízení

**- Refraktometr:**

Pro měření správné koncentrace chladicí kapaliny jsem použili optický refraktometr Optech Brix. Refraktometr má rozsah koncentrace 0 - 18% s přesností 0,1%.



Obr. 15. Refraktometr Optech Brix



**- Nástrojová lupa Brinell:**

Opotřebení břitové destičky jsme měřili na místě nástrojovou lupou Brinell. Tato lupa má stupnici po 0,05mm a zvětšení této lupy je 24x



Obr. 16. Nástrojová lupa Brinell

**- Mikroskop Arsenal SZP 3112-T:**

Opotřebení břitů VBD jsme nafotili tímto mikroskopem, který je vybavený speciálním osvětlovacím zařízením a laboratorní kamerou LABO 3MP. Tato kamera je připojena k počítači, kde se takto pořízené fotky zobrazují pomocí programu Minisee.



Obr. 17. Laboratorní mikroskop Arsenal SZP 3112-T

**- Laboratorní profiloměr Mitutoyo Surftest SV-2000 N2:**

Drsnost jsme měřili dotykovým laboratorním profiloměrem Mitutoyo Surftest SV-2000 N2 a počítač. Počítač má uživatelské rozhraní programu Surfpak. Výstupy měření jsou ve formě grafické a datové.



Obr. 18. Laboratorní profilometr Mitutoyo Surftest SV-2000 N2

**- Použité procesní kapaliny:**

Pro naše měření nám byly dodány procesní kapaliny od největších světových dodavatelů, viz příloha 1. str. 52

**HOCUT 795 B**

**EOPS 1030**

**BLASOCUT BC 35 KOMBI**

**GRINDEX 10**

**VASCO 1000**

**CIMSTAR 620**

### - Obráběný materiál:

Pro naše měření byla použita ocel Mn-Cr. Tato ocel je dobře obrobitelná, dobře tváritelná za tepla, po žhání na měkko i za studena, se zaručeným rozmezím prokalitelnosti. Ocel 14220.3 je vhodná pro strojní součásti pro zušlechťení, k cementování s tvrdou vrstvou s velkou pevností v jádře. Používá se pro vačkové hřídele, ozubená kola, zubové spojky, hřídele.

### - Vlastnosti oceli:

Chemické složení oceli:

Cr 0,8 - 1,10 [%]

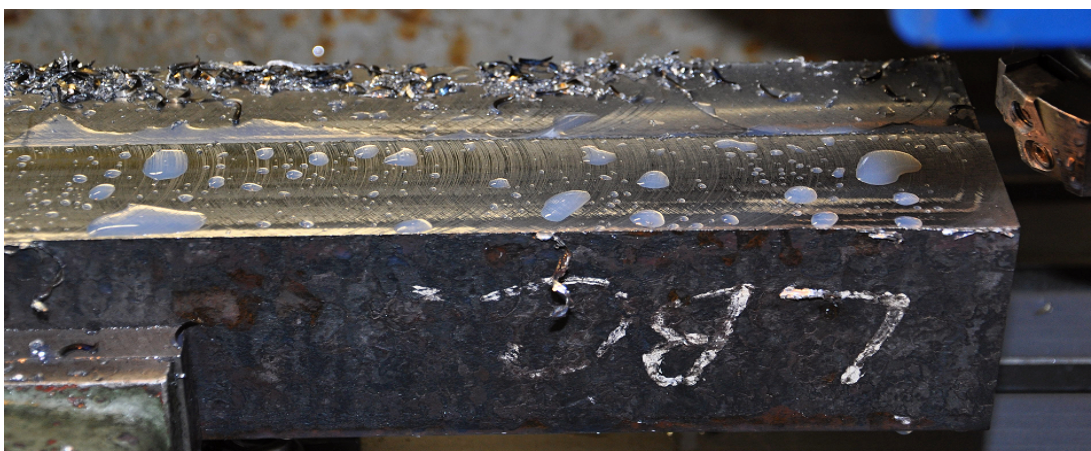
C 0,14 - 0,19 [%]

Mechanické vlastnosti oceli:

HB 239 [-]

$R_m$  785 [MPa]

$R_e$  590 [MPa]



Obr. 19. Obráběný materiál 14220.3 pro měření trvanlivosti břitů nástroje



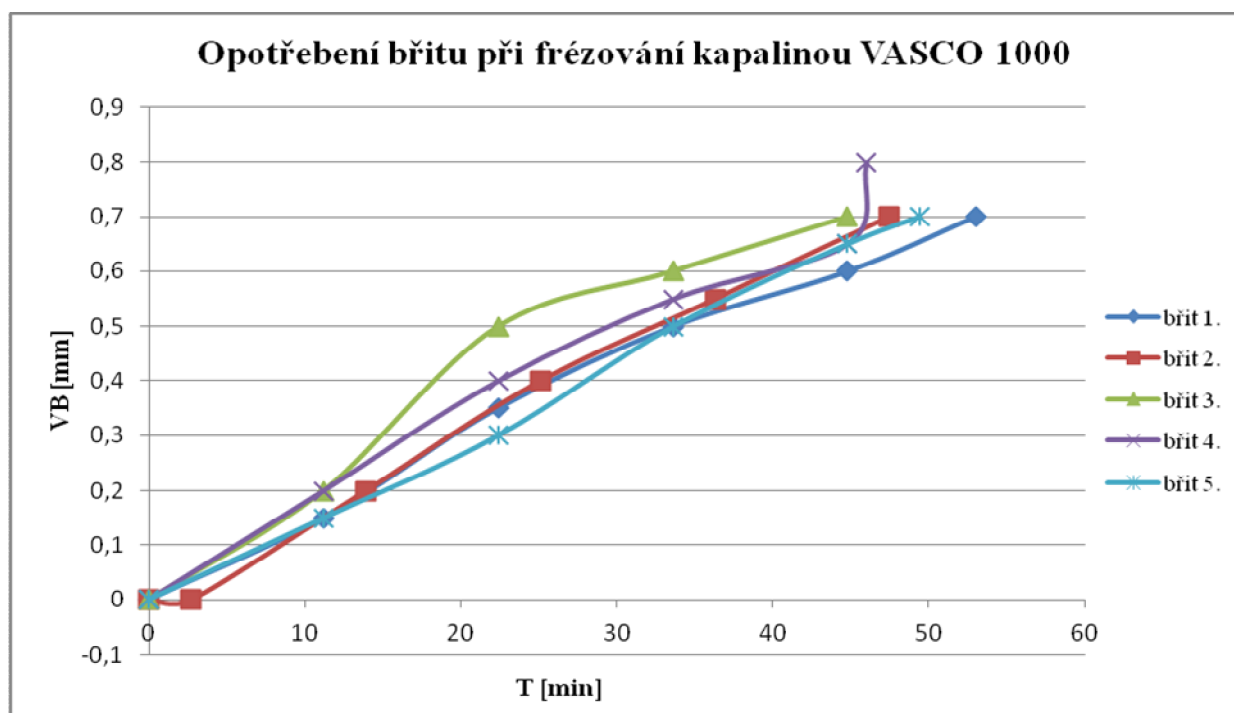
Obr. 20. Obráběný vzorek pro měření drsnosti

#### 4. ZJIŠTĚNÍ VLIVU JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ NA TRVANLIVOST NÁSTROJE PŘI FRÉZOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.

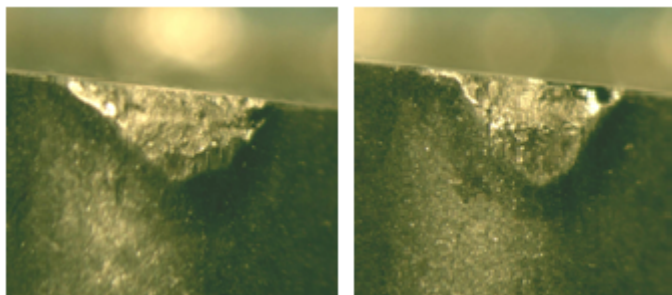
##### 4.1 Použití procesní kapaliny VASCO 1000 pro frézování

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	53	47,5	44,8	46	49,4	48,1
Obrobená délka vzorku - L [mm]	2320	2090	1960	2010	2160	2108

Tab. 1. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou VASCO 1000



Graf 2. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou VASCO 1000



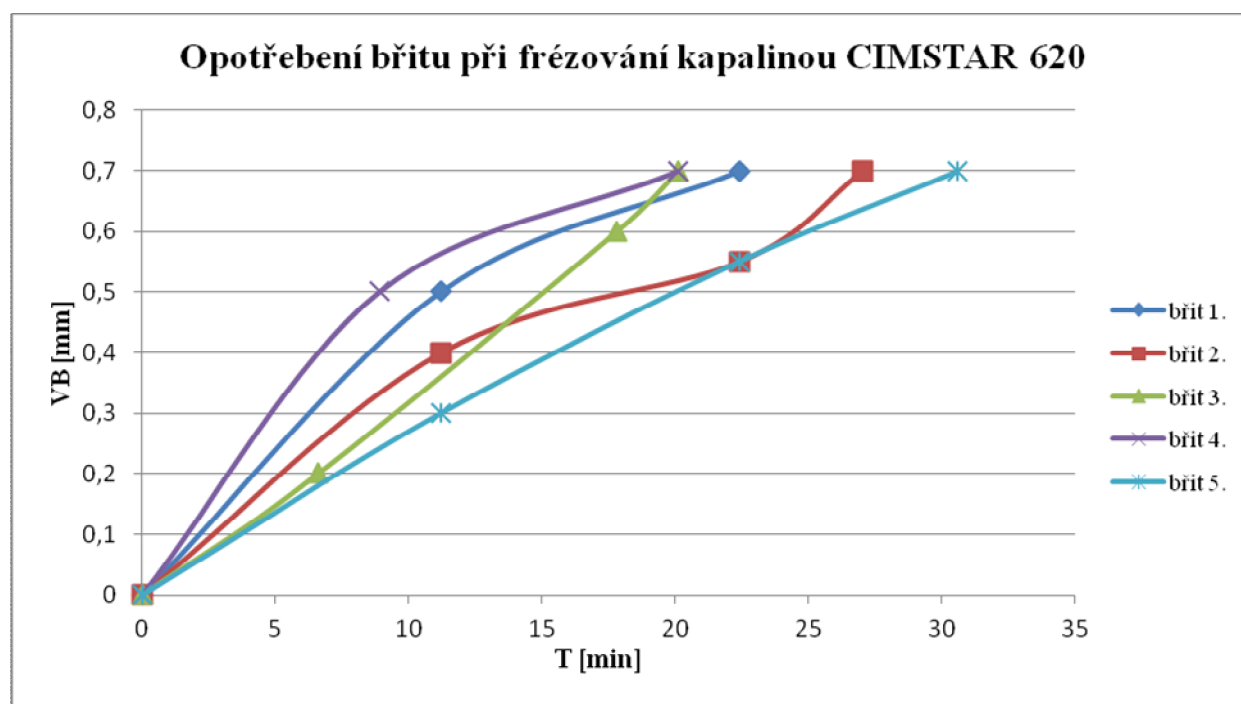
Obr. 21. Příklady opotřebení břitu po frézování s kapalinou VASCO 1000



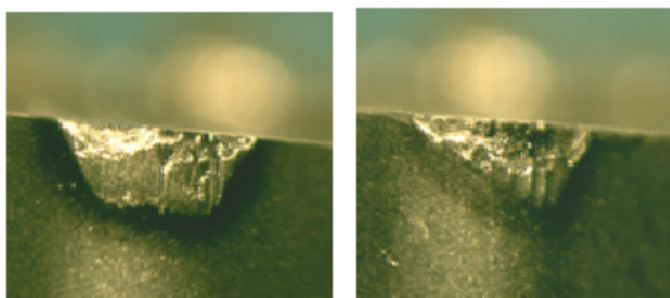
#### 4.2 Použití procesní kapaliny CIMSTAR 620 pro frézování

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	22,4	27	20,1	20,1	30,6	24
Obrobená délka vzorku - L [mm]	980	1180	880	880	1340	1052

Tab. 2. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou CIMSTAR 620



Graf 3. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou CIMSTAR 620

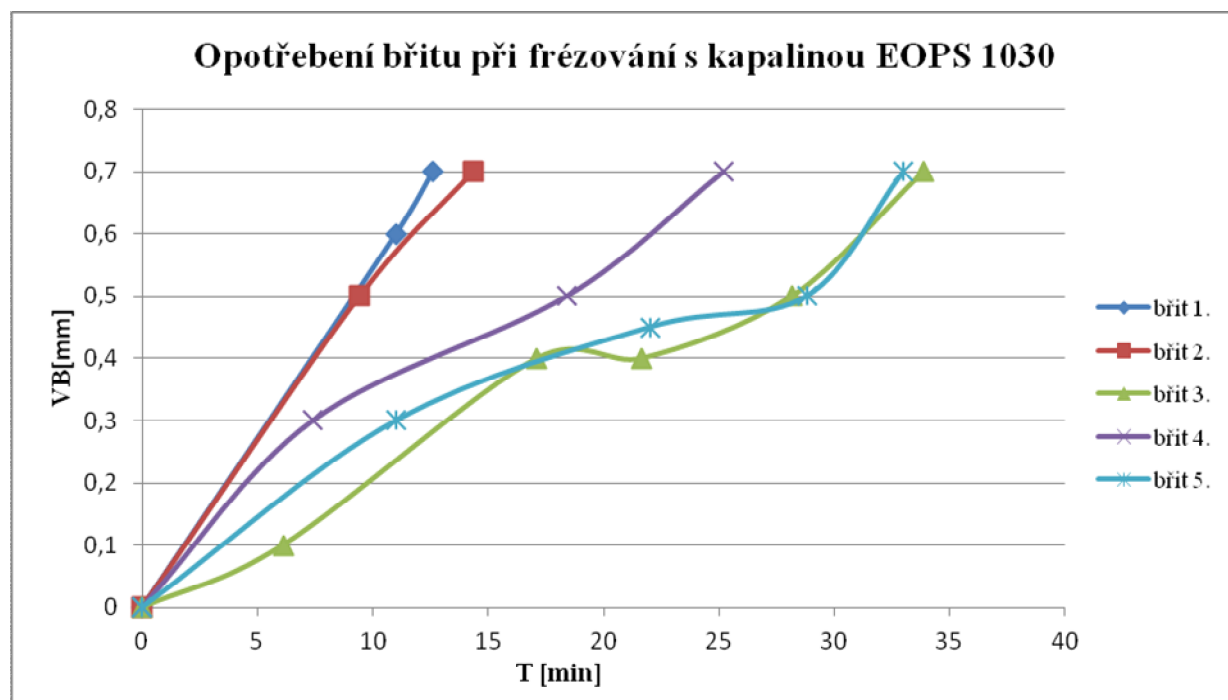


Obr. 22. Příklady opotřebení břitů po frézování s kapalinou CIMSTAR 620

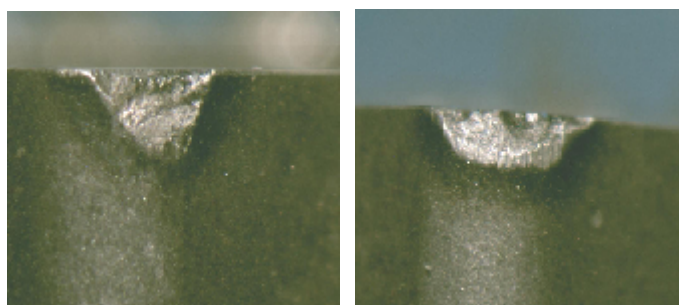
### 4.3 Použití procesní kapaliny EOPS 1030

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	12,6	14,4	33,9	25,2	33	23,8
Obrobená délka vzorku - L [mm]	555	632	1489	1110	1455	1048,2

Tab. 3. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou EOPS 1030



Graf 4. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou EOPS 1030

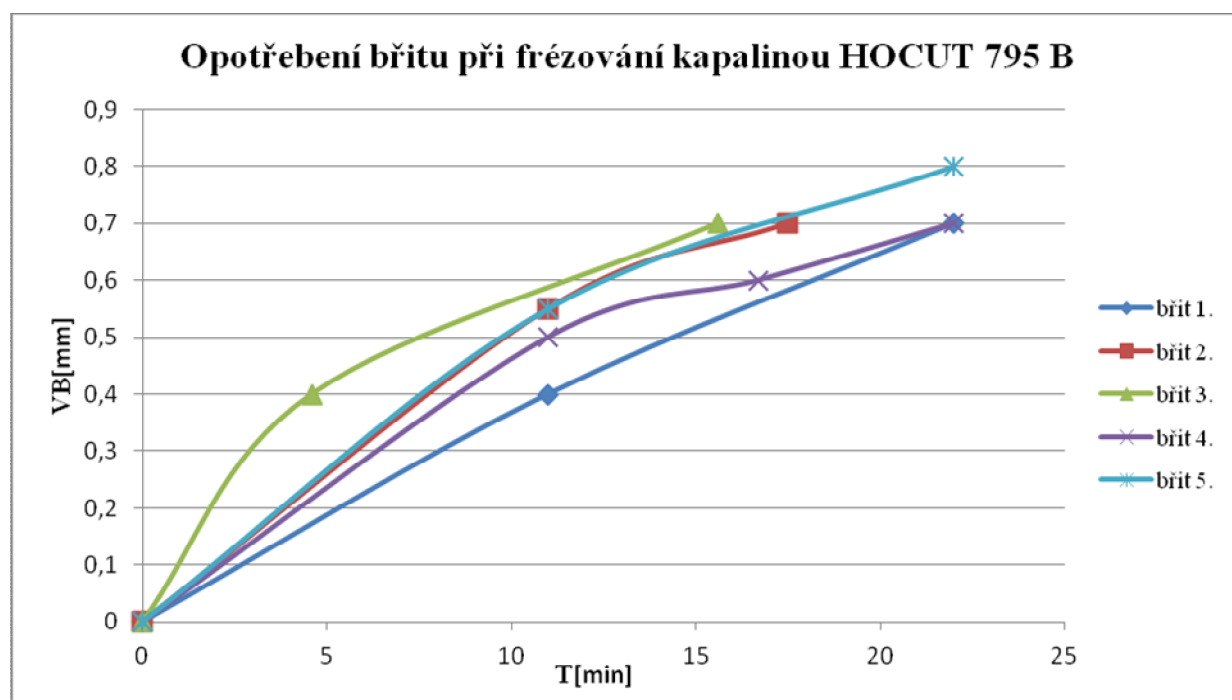


Obr. 23. Příklady opotřebení břitu po frézování s kapalinou EOPS 1030

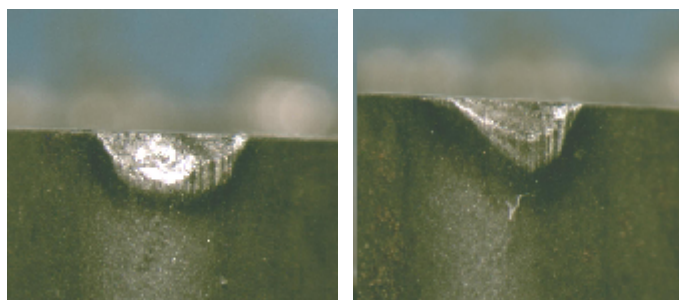
#### 4.4 Použití procesní kapaliny HOSUT 795 B pro frézování

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	22	17,5	15,6	22	22	19,8
Obrobená délka vzorku - L [mm]	970	770	686	970	970	873,2

Tab. 4. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou HOCUT 795 B



Graf 5. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou HOCUT 795 B

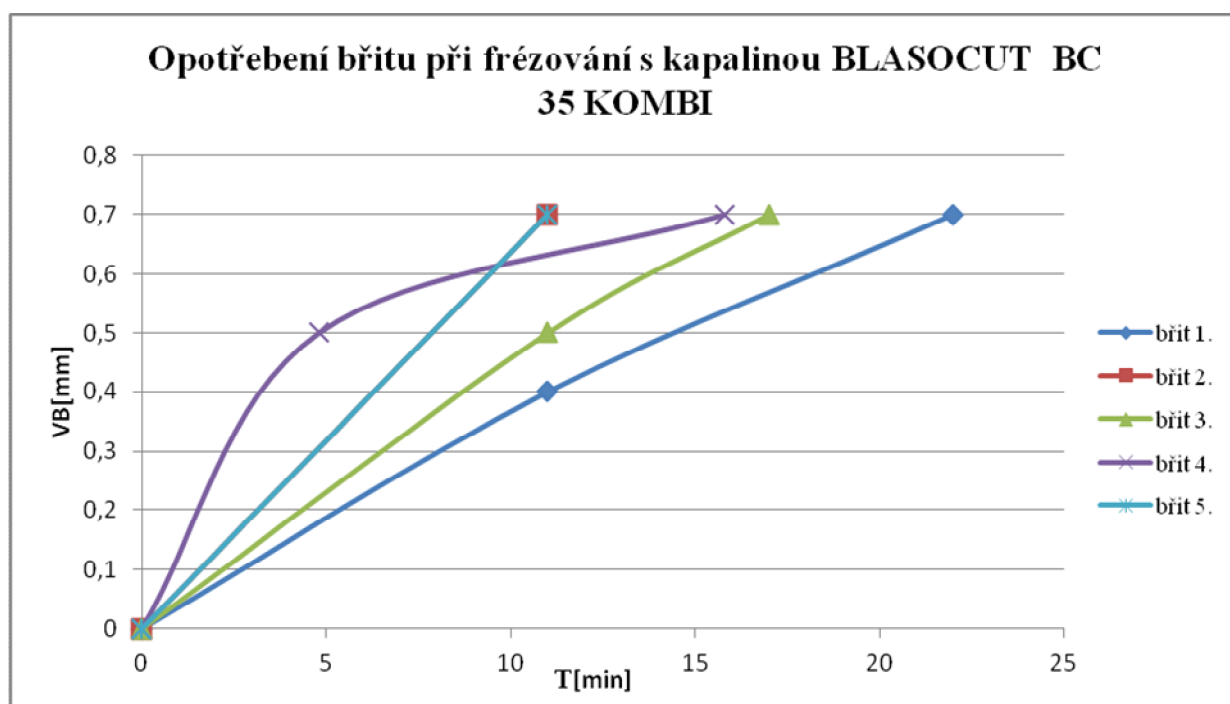


Obr. 23. Příklady opotřebení bříty po frézování s kapalinou HOCUT 795 B

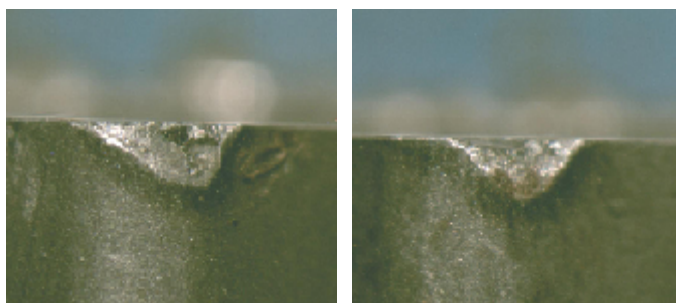
#### 4.5 Použití procesní kapaliny BLASOCUT BC 35 KOMB

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	22	11	17	15,8	11	15,4
Obrobená délka vzorku - L [mm]	679	679	679	679	679	679

Tab. 5. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI



Graf 6. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI



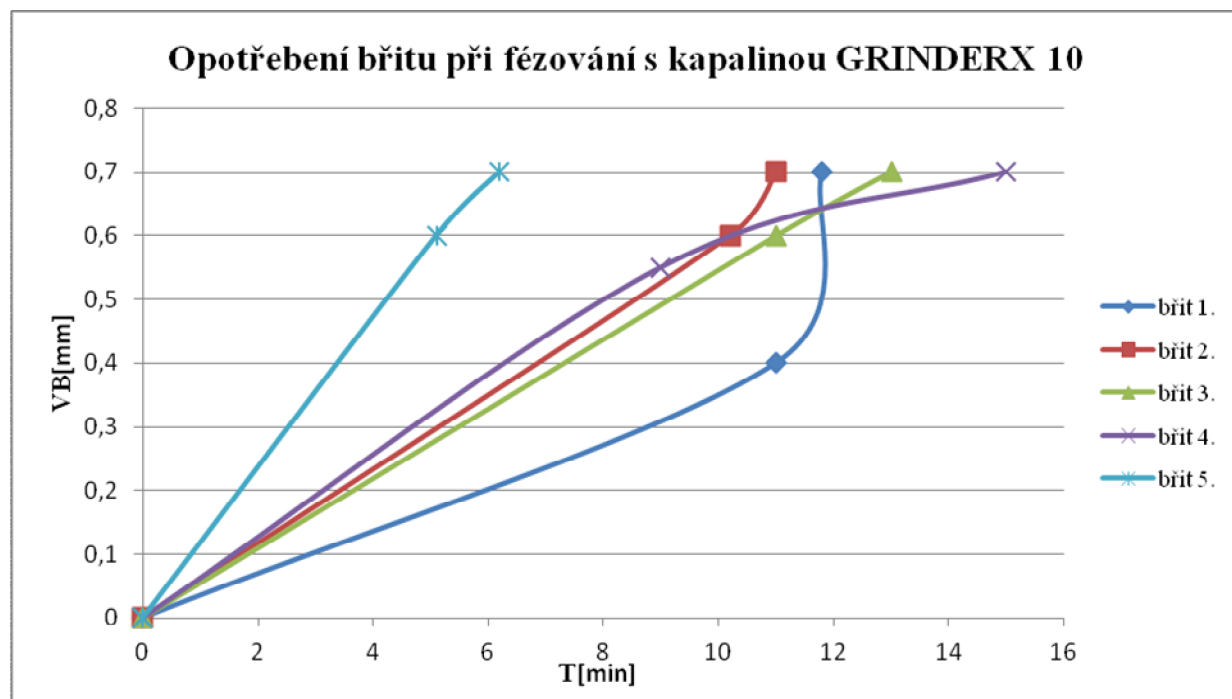
Obr. 24. Příklady opotřebení břitu po frézování s kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI



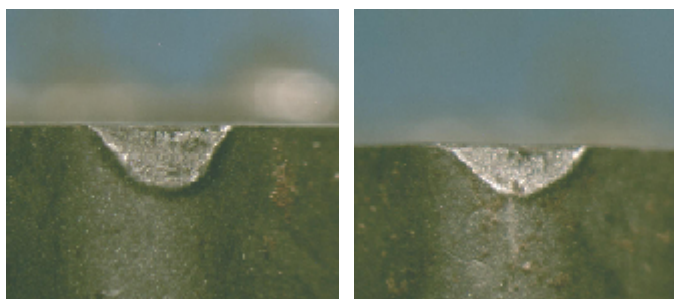
#### 4.6 Použití procesní kapaliny GRINDEX 10

Břit	1	2	3	4	5	Průměrná hodnota
Trvanlivost VB - T [min]	11,8	11	13	15	6,2	11,4
Obrobená délka vzorku - L [mm]	521	484	570	660	275	502

Tab. 6. Naměřených hodnot při frézování s kapalinou GRINDEX 10



Graf 7. Časový průběh opotřebení břitů při frézování s kapalinou GRINDEX 10

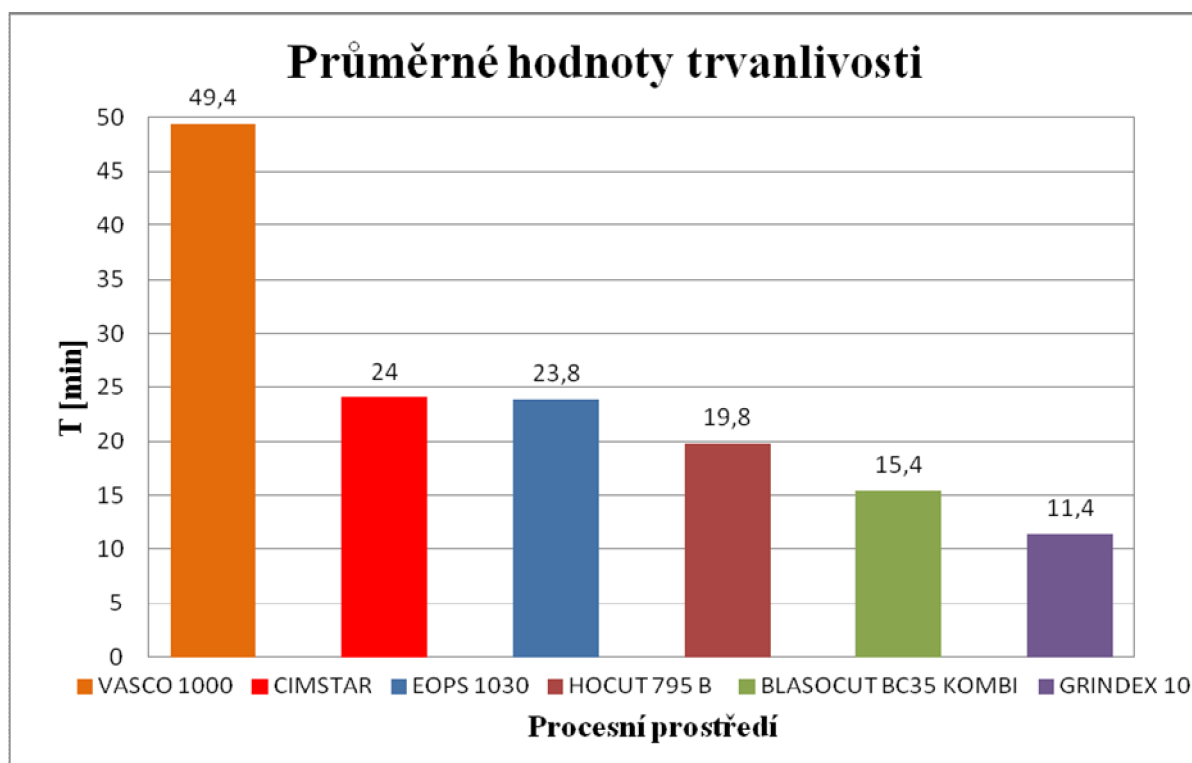


Obr. 25. Příklady opotřebení břitů po frézování s kapalinou GRINDEX 10

#### 4.7 Porovnání průměrných hodnot trvanlivosti řezných destiček při použití různých procesních kapalin při frézování.

Procesní prostředí	VASCO 1000	CIMSTAR	EOPS 1030	HOCUT 795 B	BLASOCUT BC 35 KOMBI	GRINDEX 10
Trvanlivost VB - T [min]	49,4	24	23,8	19,8	15,4	11,4
Zhoršení [%]	-	51	52	60	69	77

Tab. 7. Porovnání průměrných hodnot trvanlivosti při použití různých procesních kapalin

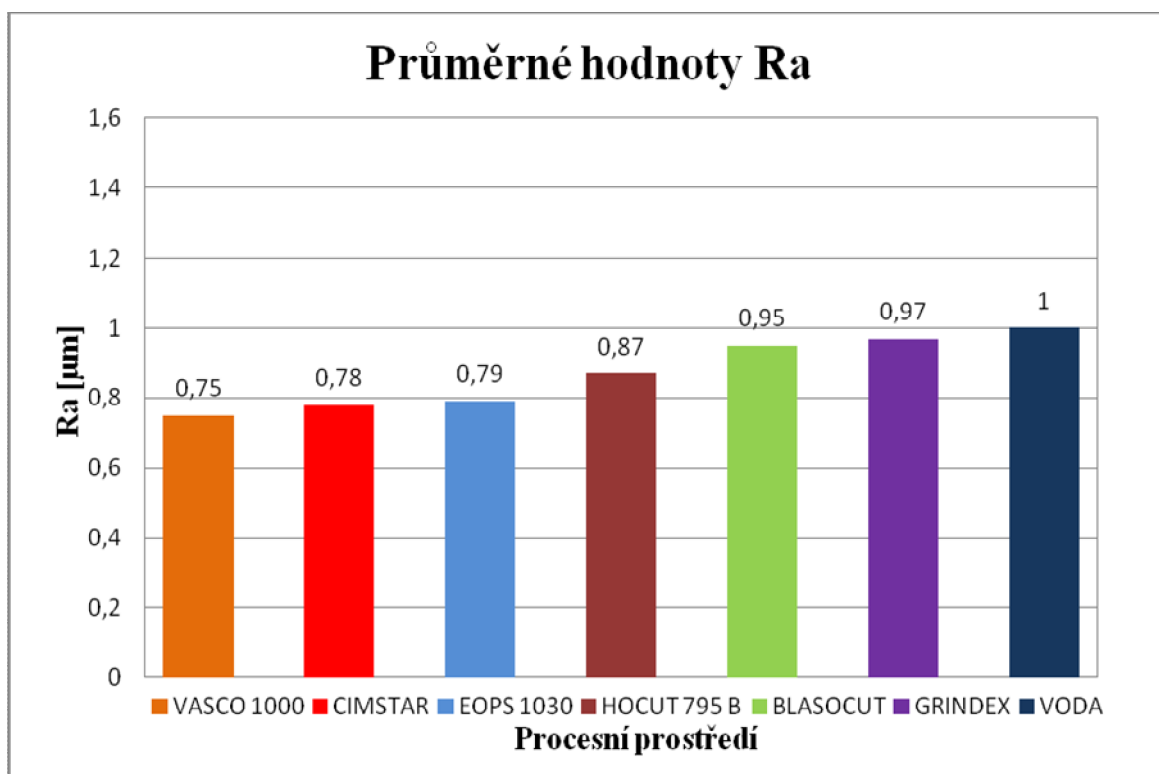


Graf 8. Průměrné hodnoty naměřených hodnot

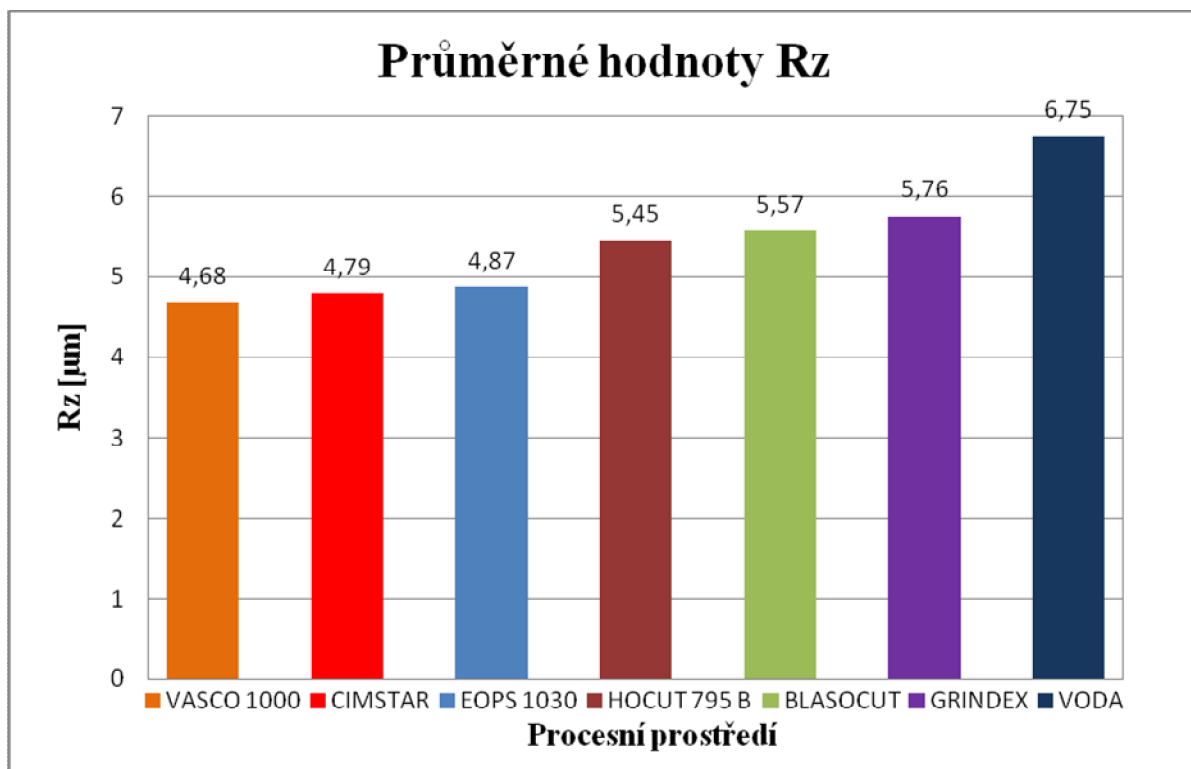
Průměrné hodnoty trvanlivosti břitu nástroje při použití jednotlivých procesních kapalin jsou uvedeny v tabulce č.1. a grafu č.1. Procentuální zhoršení trvanlivosti břitu nástroje je uvedeno v tabulce č.1., z které je patrné, že největší trvanlivost břitu nástroje byla dosažena s procesní kapalinou VASCO 1000. S použitím další procesní kapaliny CIMSTAR 620 trvanlivost břitu nástroje klesá o 51%. S použitím procesní kapaliny EOPS 1030 trvanlivost břitu nástroje klesá o 52%. S procesní kapalinou HOCUT 795 B trvanlivost břitu nástroje klesá o 60%, s procesní kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI trvanlivost břitu klesá o 69% a s použitím procesní kapaliny GRINDEX 10 trvanlivost břitu klesá o 77%.

## 5. ZJIŠTĚNÍ VLIVU JEDNOTLIVÝCH PROCESNÍCH KAPALIN OD NEJLEPŠÍCH SVĚTOVÝCH VÝROBCŮ NA DRSNOST POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ OCELI V LABORATOŘI KOM FS TUL.

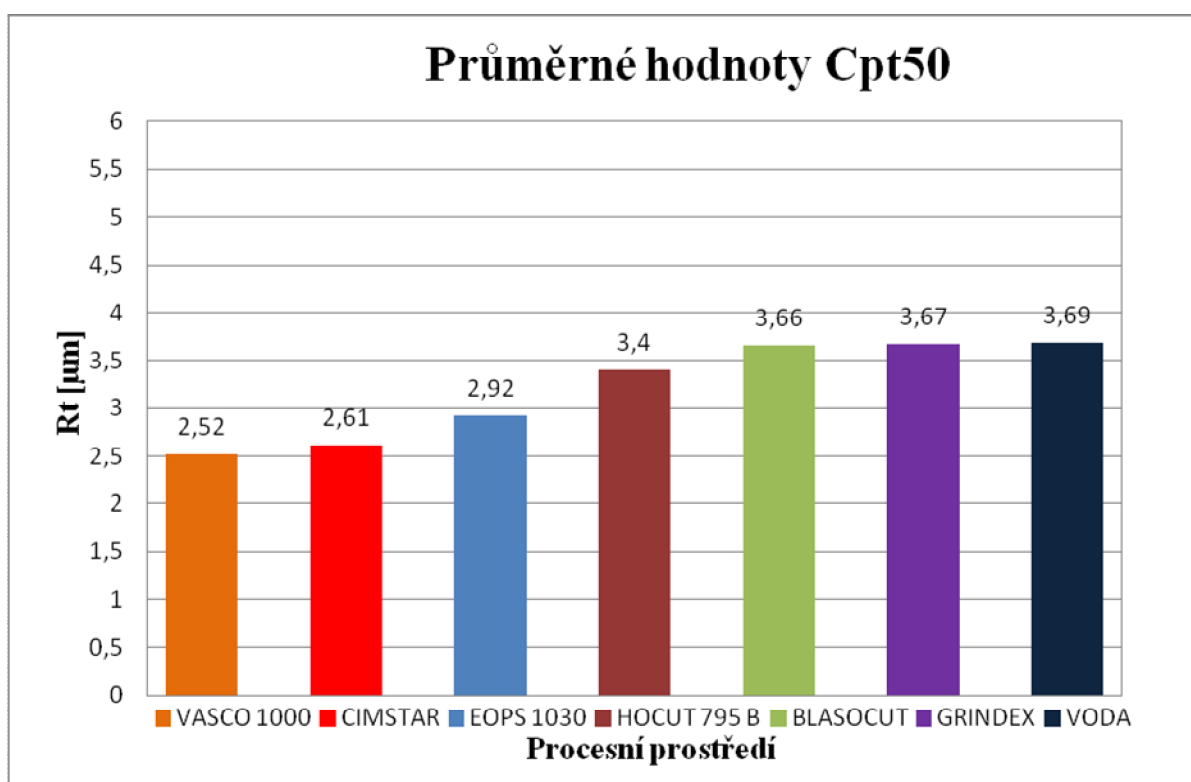
### 5.1 Vliv jednotlivých procesních kapalin na drsnost povrchu materiálu při frézování.



Graf 9. Vliv procesních prostředí na průměrnou drsnost povrchu Ra



Graf 10. Vliv procesních prostředí na parametr drsnosti povrchu Rz



Graf 11. Vliv procesních prostředí na nosná podíl Ctp50

## 5.2 Porovnání průměrných hodnot drsnosti povrchu materiálu při použití různých procesních kapalin při frézování.

Průměrné hodnoty			
Kapalina	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Ctp50 [ $\mu\text{m}$ ]
VASCO 1000	0,75	4,68	2,52
CIMSTAR 620	0,78	4,79	2,61
EOPS 1030	0,79	4,87	2,92
HOCUT 795 B	0,87	5,45	3,4
BLASOCUT BC 35 KOMBI	0,95	5,57	3,66
GRINDEX 10	0,97	5,76	3,67
VODA	1	6,75	3,69

Tab. 8. průměrné hodnoty drsnosti povrchu Ra, Rz, Ctp50

Kapalina	Drsnost Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Zhoršení v [%]
VASCO 1000	0,75	-
CIMSTAR 620	0,78	4
EOPS 1030	0,79	5
HOCUT 795 B	0,87	16
BLASOCUT BC 35 KOMBI	0,95	27
GRINDEX 10	0,97	29
VODA	1	33

Tab. 9. průměrné hodnoty Ra a procentuální zhoršení kvality povrchu

V tabulce č.9. jsou uvedeny výsledné průměrné hodnoty parametrů drsnosti Ra, Rz, Ctp50, zjištěné po měření drsnosti povrchu námi obrobeného materiálu. Tabulka č.10. ukazuje procentuální zhoršení parametru drsnosti Ra. Je z ní patrné, že nejlepší drsnosti Ra bylo dosaženo s procesní kapalinou VASCO 1000. S použitím procesní kapaliny CIMSTAR 620 drsnost vzrostla o 4%, s procesní kapalinou EOPS 1030 vzrostla o 4%, s procesní kapalinou HOCUT 795 B vzrostla o 5%, s procesní kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI vzrostla o 16%, s procesní kapalinou GRINDEX 10 vzrostla o 27% a s použitím vody, jako procesní kapaliny, drsnost vzrostla o 29%.

## **6. ANALÝZA LABORATORNÍCH VÝSLEDKŮ, VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ.**

Tato bakalářská práce byla zaměřena na zjištění vlivu procesních kapalin od největších světových dodavatelů na trvanlivost břitu řezného nástroje a drsnost povrchu při nesousledném frézování konstrukční oceli.

### **Závěr:**

Na základě porovnání vlivů jednotlivých procesních prostředí na průměrnou trvanlivost břitu řezného nástroje VBD při frézování konstrukční oceli 14220.3 je patrné, že při použití procesní kapaliny VASCO 1000 je dosaženo největší trvanlivosti nástroje. S použitím další procesní kapaliny CIMSTAR 620 trvanlivost břitu nástroje klesá o 51%. S použitím procesní kapaliny EOPS 1030 trvanlivost břitu nástroje klesá o 52%. S procesní kapalinou HOCUT 795 B trvanlivost břitu nástroje klesá o 60%, s procesní kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI trvanlivost břitu klesá o 69% a s použitím procesní kapaliny GRINDEX 10 trvanlivost břitu klesá o 77%.

Z porovnání vlivu různých procesních prostředí na průměrnou drsnost povrchu  $R_a$  při frézování konstrukční oceli 14220.3 vyplývá, že nejlepší drsnosti povrchu bylo dosaženo při použití procesní kapaliny VASCO 1000. Dále, že s použitím procesní kapaliny CIMSTAR 620 drsnost roste o 4%, s procesní kapalinou EOPS 1030 drsnost roste o 4%, s procesní kapalinou HOCUT 795 B drsnost roste o 5%, s procesní kapalinou BLASOCUT BC 35 KOMBI drsnost roste o 16%, s procesní kapalinou GRINDEX 10 drsnost roste o 27% a s použitím vody, jako procesní kapaliny drsnost roste o 29%.

Po zhodnocení výsledků měření vlivu procesních kapalin při obrábění konstrukční oceli 14220.3, bylo zjištěno, že nejlepších výsledků při obrábění frézováním je dosaženo s použitím procesní kapaliny VASCO 1000. Na základě tohoto výsledku doporučuji pro průmysl použití této procesní kapaliny.

**- Seznam použitých značek a symbolů:**

KOM	[-]	katedra obrábění a montáže
TUL	[-]	Technická univerzita v Liberci
ČSN	[-]	česká technická norma (česká soustava norem)
VB	[mm]	velikost opotřebení hřbetu nástroje
T	[min]	trvanlivost nástroje
$V_c$	[m/min]	řezná rychlost
$a_p$	[mm]	hloubka záběru
f	[mm/ot]	rychlost posuvu
n	[ot/min]	otáčky
Ra	[ $\mu$ m]	střední aritmetická úchylka profilu
Rz	[ $\mu$ m]	výška nerovnosti profilu určená z 10 bodů
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
Re	[MPa]	mez napětí v kluzu
Rm	[MPa]	mez pevnosti v tahu
HB	[-]	tvrdost podle Brinella
L	[mm]	obráběná délka obrobku
D	[mm]	průměr nástroje
$C_{tp50}$	[ $\mu$ m]	hloubka, ve které je podíl materiálu a vzduchu 1:1
Cr	[-]	chemická zkratka chromu
C	[-]	chemická zkratka uhlíku
Mn	[-]	chemická zkratka manganu
EP		vysokotlaké přísad

- [1] AB SANDVIK COROMANT – SANDIK CZ s.r.o. Příručka pro obrábění – Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. Vyd. Praha: Scientia, s.r.o. 1997. Přel. Z: Modern Metal Cutting-A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [2] JAN JERSÁK Základní pojmy, podstata technologie obrábění, TU v Liberci - katedra obrábění a montáže
- [3] BC. VÁCLAV PETŘÍK Využití různých systémů chlazení pro obrábění materiálů, diplomová práce 2011, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická
- [4] KOCMAN KAREL. Aktuální příručka pro technický úsek: Svazek 7. Obrábění. Praha: Dashofer, 2001. ISBN 80-902247-2-5
- [5] BUMBÁLEK, Bohumil, OŠTÁDAL, Bohuslav a ŠAFR, Emil. Řezné kapaliny. První vydání. Praha: státní nakladatelství technické literatury, 1963, s. 136.
- [6] PROF. ING. JAN MÁDL, CSC., PROF. ING. KAREL KOCMAN, DRSC Strojírenká technologie, Knihovnička Sv.1/200, Ekologie obrábění.
- [7] KOCMAN KAREL Speciální technologie : Obrábění 3., přeprac. A dopl. Vyd. Brno : CERM, 2004. 227 s.
- [8] BRYCHTA, J, ČEP, R, Nové směry v progresivním obrábění. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [9] PROF. ING. MIROSLAV VIGNER, PROF. DR. ING. ZDENĚK PŘIKRYL, dr. H. c. a kolektiv. Obrábění, technický průvodce svazek 61, Praha 1984
- [10] ING. PAVEL SVOBODA, CSC. ING. JAN BRANDEJS, CSC. ING. JIŘÍ DVOŘÁČEK, ING. FRANTIŠEK PROKEŠ, Základy konstruování, Brno 2008
- [11] JAROSLAV KLETEČKA, PETR FOŘT, Technické kreslení, Brno 2005
- [12] DOC. ING. ERICH MOUKA CSC. A kolektiv, Teorie obrábění, Praha 1985
- [13] PETR ŠŇUPÁREK, MARTIN MAREK Technická dokumentace, Drsnost povrchu, VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky.
- [14] KÁŇA J. Nanočástice jako ekologické mazivostní přísady [diplomová práce], Praha, VŠCHT Praha, 2007.
- [15] BARTŮŠEK B., OŠTÁDAL B., ŠAFR E., Řezné kapaliny, 1. Vydání Praha SNTL 1963.



**- Seznam příloh:**

Příloha 1: Listy procesních kapalin

Příloha 2: Vlastnosti oceli 14220.3

Příloha 3: Parametry nástrojařské frézy FNG 32

Příloha 4: Specifikace břitové destičky SNUN 120412;S30

Příloha 5: Naměřené hodnoty drsnosti povrchu

## Příloha 1:

### Listy procesních kapalin

# Hocut 795B

## High lubricity chlorine-free long-life soluble oil

### DESCRIPTION

Hocut 795B is based upon latest global Houghton technology. The low foaming milky emulsion uses chlorine-free high performance lubricity agents to give superior surface finish and tooling performance. Hocut 795B is also formulated with an outstanding new package for ultra long sump-life.

Hocut 795B is very safe to use, is free from chlorine and biocides and does not require a hazard warning label under European legislation.

### APPLICATION

The high performance and non-staining characteristics of Hocut 795B is ideal for machining aluminium, aerospace materials, and high alloy steels. Hocut 795B is specifically designed for high-pressure coolant systems associated with modern CNC machine tools while ultra long-life and freedom from biocide additions make the product suitable for both centralised systems and single-sump machines.

Hocut 795B is also non staining to aluminium and is ideal for machining of aerospace materials.

### RECOMMENDATION FOR USE

Medium duty machining 4% - 6%  
Heavy duty machining 5% - 10%

### TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

TEST	TYPICAL VALUE	TEST METHOD
<b>Neat concentrate</b>		
Appearance	Hazy brown oil	HI
Specific gravity @ 15.5°C	0.94	ASTM D1298
Refractometer factor	1.00	HI
<b>Emulsion at 5%</b>		
Appearance	Translucent	HI
pH in use	8.7-9.2	HI

### ADVANTAGES

- ☐ High lubricity milky emulsion
- ☐ Chlorine-free
- ☐ Biocide-free
- ☐ Very low foaming
- ☐ No sticky residues
- ☐ Ultra long sump-life
- ☐ Excellent hard water corrosion protection
- ☐ No hazard labeling, very safe to use
- ☐ Does not stain aluminium

### STORAGE

Metal working coolants should be stored indoors in clean, dry conditions. Protect from frost. Recommended storage temperature is between 5°C and 35°C. Tops should be replaced on all containers when not in use. Use stock in delivery rotation. As with all metal working coolants, a shelf life of six months can be anticipated.

### HEALTH AND SAFETY

Health and Safety Data Sheets are supplied to customers to comply with Section 6 of the Health and Safety at Work Act 1974, and should be closely studied prior to handling or use of the product. Copies are available from your Technical Health and Safety Officer. Various other advisory publications are available from the Health and Safety Executive and Her Majesty's Stationery Office.

13063  
01/06

All data given in this Product Data Sheet are typical of this material. It does not however constitute a specification. We reserve the right to modify products without prior notice. All products, services and information supplied are provided upon the terms of our standard Conditions of Sale from time to time in force.

Houghton plc  
Beacon Road Trafford Park Manchester M17 1AF  
Tel +44(0) 161 874 5000  
Fax +44(0) 161 877 9764  
E-mail [enquiries@houghton.co.uk](mailto:enquiries@houghton.co.uk)



**HOUGHTON**  
Fluid Technology & Service Worldwide



## CIMSTAR® 620

*Řezná a brusná kapalina pro střední až  
těžké aplikace*



## MATERIÁLOVÝ LIST

### Popis

Cimstar 620 je čirá, jantarově zbarvená, s vodou mísitelná, koncentrovaná řezná kapalina vytvářející mikroemulzi.

### Použití

Cimstar 620 je všeobecně použitelná řezná kapalina doporučená pro střední až těžké operace broušení a obrábění všech železných i neželezných materiálů. Je zvláště vhodná pro slitiny hliníku. Cimstar 620 je produkt určený jak pro použití v jednotlivých strojích tak v centrálních systémech.

Cimstar 620 je zvláště určen pro použití ve vodě s tvrdostí 5 – 15° německé tvrdosti. Pro použití ve vodě s vyšší tvrdostí se doporučuje Cimperial 900.

### Vlastnosti a výhody

- Dlouhá životnost z důvodu speciálního složení produktu.
- Vhodné pro široký rozsah materiálů a operací.
- Nezpůsobuje skvrny na hliníku a jeho slitinách.
- Čistý produkt vytvářející příjemné pracovní prostředí.
- Vynikající stabilita emulze.
- Čistý a mírný produkt.
- Nezpůsobuje vznik dýmu a vyhřátí materiálu.
- Vynikající kontrola pění (omezená pěnivost).

### Příprava

Cimstar 620 se snadno mísí, stačí běžně zamíchat. Pro automatické namíchání použijte Cimcool® Mix Master nebo Cimcool Mix Master S. Typická teplota vody, se kterou se koncentrát mísí, je 5 - 25°C.

### Doporučená počáteční koncentrace

	Hliník a jeho slitiny	Litina a uhlíková ocel	Slitinové a korozivzdorné oceli
Broušení	3.0%	3.0%	4.0%
Běžné obrábění	4.0%	5.0%	8.0%
Velmi náročné obrábění	6.0%	8.0%	10.0%
Vystružování, závitování, protahování	8.0%	10.0%	10.0%

Mix Master S:	Požadované koncentrace** může být jednoduše dosaženo nastavením regulátoru na správnou hodnotu.
---------------	---

\*\* Koncentrace se může lišit v závislosti na místních podmínkách, proto doporučujeme zkontrolovat ji pomocí refraktometru nebo sady TA Kit.

### Stanovení koncentrace

K určení koncentrace lze použít pracovní sadu Cimcool T.A. nebo laboratorní postup.

Refraktometrický faktor	1.4
-------------------------	-----

Při použití refraktometru je nutno odečtenou hodnotu vynásobit přepočítávacím faktorem 1.4 (platí pro čerstvý mix).

Cimcool TA kit	použit 2 ml mixu							*) další mikropipeta	
%	1	2	3	4	5	6	7	8	10
Odečet	0.86	0.73	0.61	0.49	0.37	0.22	0.12	0.00	*.88 *.76

### Manipulace a skladování

Chránit před mrazem, přímým sluncem a skladovat při teplotě 5 - 30°C.

### Balení

25, 200 l.

### Bezpečnostní list

Bezpečnostní list by měl být konzultován za účelem získání bližších informací ohledně ochrany zdraví, bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí při zacházení s tímto produktem.



Cimcool Europe B.V.  
U Rybníka 10  
586 01 Jihlava  
Česká republika  
Tel: +420 56 721 17 12  
Fax: +420 56 721 15 25  
info.cz@cimcool.net  
www.cimcool.net

Cimstar

je registrovaná obchodní značka Milacron, LLC.

2 May 2012

Art. Nr.1350- 10

## Blasocut BC 35 Kombi

<b>Popis</b>	Blasocut BC 35 Kombi je s vodou mísitelná, chladicí a mazací látka bez obsahu chlóru na bázi minerálních olejů. Polární aditiva zaručují zvýšený výkon při třiskovém opracování.
<b>Oblast použití</b>	Univerzální výrobek vhodný pro lehké a střední třiskové opracování, stejně jako broušení litiny, oceli, slitin hliníku a barevných kovů.

<b>Vlastnosti produktu</b>	<b>Výhody</b>
Vysoký řezný výkon	univerzální použití dlouhá životnost nástrojů
Jemné složení bez baktericidů	šetrný vůči lidské pokožce
Dobré smáčecí a oplachovací schopnosti	čisté stroje a snížená spotřeba díky nízkému výnosu na třískách
Zvýšená stabilita emulze	prodloužená životnost emulze a snížené náklady na likvidaci

<b>Fyzikálně chemické údaje</b>	<b>Koncentrát</b>	<b>Emulze</b>
Barva	hnědá	mléčná, světle béžová
Obsah minerálního oleje	56 %	
Obsah vody	3 %	
Hustota při 20 °C	0,95 g / cm <sup>3</sup>	
Viskozita při 40 °C	59 mm <sup>2</sup> / s	
Bod vzplanutí	150 °C	
hodnota pH		8,5 – 9,2
Faktor refraktometru		1

<b>Poznámka</b>	V produktu nejsou obsaženy: aditiva obsahující síru, zinek, chlór, fosfor, sloučeniny bóru, dusitaný, štěpné produkty dusitanů, formaldehyd, štěpné produkty formaldehydu, sekundární aminy, dietanolamin, nitrosamin, silikony, těžké kovy, PCP, PCB, PCT, TCDD a další látky obsahující dioxin.
-----------------	--

<b>Doporučená koncentrace</b>	Variabilní koncentrace 3 - 15 % běžné obrábění 5 - 8 % broušení 3 - 5 % Pro přípravu emulze je doporučováno směšovací zařízení (Jetmix).
-------------------------------	---

<b>Velikost balení</b>	10/25/207 L
------------------------	-------------

Údaje uvedené v tomto katalogovém listu jsou založeny na naší známých vlastnostech a možnostech použití produktu.  
Na základě těchto údajů nemohou být všeobecně vzneseny žádné právní nároky

Blaser Swissslube CZ, s. r. o., Jihlavská 2, 664 41 Troubsko  
Tel: 541 225 211, Fax: 541 225 199, bmo@blaser.cz  
[www.blaser.cz](http://www.blaser.cz)  
Brno, 01/09

Blaser Swissslube AG  
CH-3415 Hasle-Rüegsau (Switzerland)  
[www.blaser.com](http://www.blaser.com)

Art. Nr.2800- 01

## Vasco 1000

<b>Popis</b>	Vasco 1000 je s vodou mísitelná vysoce výkonná chladicí a mazací látka bez obsahu chlóru na bázi rostlinných olejů a přírodních esterů.
<b>Oblast použití</b>	Vysoce výkonný výrobek, vhodný pro střední a těžké druhy třískového obrábění litiny, ocelí, slitin hliníku barevných kovů a těžce obrobitelných materiálů. Je použitelný rovněž pro broušení.
<b>Vlastnosti produktu</b>	<b>Výhody</b>
Nejvyšší řezný výkon díky vlastnostem rostlinných olejů	velmi dlouhá životnost nástroje pro nejtěžší operace a materiály nejkvalitnější povrchy opracovaných materiálů
Rostlinný olej	dorůstající suroviny
Účinná ochrana proti korozi	univerzální nasazení u choulostivých slitin ocelí, hliníku a barevných kovů
Dobré smáčecí schopnosti	čisté stroje hospodárný díky nízké spotřebě

Fyzikálně chemické údaje	Koncentrát	Emulze
Barva	světlé hnědá	mléčná, béžová
Obsah minerálního oleje	0 %	
Obsah rostlinného oleje	45%	
Obsah vody	0,10%	
Hustota při 20 °C	0,95 g / cm <sup>3</sup>	
Viskozita při 40 °C	60 mm <sup>2</sup> / s	
Bod vzplanutí	180 °C	
hodnota pH		8,6 – 9,0
Faktor refraktometru		1

<b>Poznámka</b>	Ve výrobku nejsou obsaženy: aditiva obsahující chlór, sloučeniny bóru, dusitaný, štěpné produkty dusitanů, sekundární aminy, dietanolamin, nitrosamin, silikony, těžké kovy, PCP, PCB, PCT, TCDD a další látky obsahující dioxin.
-----------------	--

<b>Doporučená koncentrace</b>	Variabilní koncentrace	5 - 15 %
	běžné obrábění	5 - 8%
	těžké obrábění	přes 7%
	broušení	5%
<b>Velikost balení</b>	10/25/200 litrů	

Údaje uvedené v tomto katalogovém listu jsou založeny na námi známých vlastnostech a možnostech použití produktu.  
Na základě těchto údajů nemohou být všeobecně vzneseny žádné právní nároky

Blaser Swissslube CZ, s. r. o., Jihlavská 2, 664 41 Třebíčsko  
Tel: 541 225 211, Fax: 541 225 199, brno@blaser.cz  
[www.blaser.cz](http://www.blaser.cz)  
Brno, 11/02

Blaser Swissslube AG  
CH-3415 Hasle-Rüegsau (Switzerland)  
[www.blaser.com](http://www.blaser.com)



Art. Nr.1101- 03

## Grindex 10

**Popis** Grindex 10 je syntetická, s vodou mísitelná vysoce výkonná chladicí a mazací látka bez obsahu oleje určená pro broušení.

**Oblast použití** Chladicí a mazací látka pro nejrozmanitější způsoby broušení litin a ocelí.

Vlastnosti produktu	Výhody
Dobré smáčecí schopnosti	udržuje stroj a brusný kotouč čisté
Snižená tendence k pění	vhodné rovněž pro vysoké tlaky a velké obvodové rychlosti kotoučů
Účinná ochrana proti korozi	ochrana proti korozi i při nízké koncentraci
Rychlé usazení	otěr vzniklý při broušení se velmi rychle usazuje

Fyzikálně chemické údaje	Koncentrát	Emulze
Barva	žlutá	transparentní, nažloutlá
Obsah minerálního oleje	0 %	
Obsah vody	41 %	
Hustota při 20 °C	1,11 g / cm <sup>3</sup>	
hodnota pH		9,2 - 9,4
Faktor refraktometru		1,6

**Poznámka** Ve výrobku nejsou obsaženy: aditiva obsahující síru, chlór, zinek nebo fosfor, sloučeniny bóru, dusitaný, štěpné produkty dusitanů, sekundární aminy, dietanolamin, nitrosamin, silikony, těžké kovy, PCP, PCB, PCT, TCDD a další látky obsahující dioxin.

**Doporučená koncentrace** Variabilní koncentrace 3 - 5 %  
běžné broušení 3%

**Velikost balení** 10/25/200 kg

Údaje uvedené v tomto katalogovém listu jsou založeny na námi známých vlastnostech a možnostech použití produktu.  
Na základě těchto údajů nemohou být všeobecně vzneseny žádné právní nároky

Blaser Swissslube CZ, s. r. o., Novoměstská 2, 621 00 Brno  
Tel: 541 225 211, Fax: 541 225 199, bmo@blaser.cz  
[www.blaser.cz](http://www.blaser.cz)  
Brno, 11/03

Blaser Swissslube AG  
CH-3415 Hasle-Rüegsau (Switzerland)  
[www.blaser.com](http://www.blaser.com)

## Příloha 2:

### Vlastnosti oceli 14220

ČSN 41 4220

STN 41 4220

Mn-Cr ocel k cementování

OCEL

14 220

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	Cr	P	S
0,14–0,19	1,10–1,40	0,17–0,37	0,80–1,10	max 0,035	max 0,035

Polotovary

[1] předvalky	[5] přesné bezešvé trubky tvářené za studena
[2] tyče válcované za tepla	[6] tyče tažené za studena
[3] výkovky	[7] pásy a pruhy válcované za studena
[4] bezešvé trubky tvářené za tepla	

Mechanické vlastnosti

Polotovary	[2] [3]	[2]	[3] [4] [5] [6]	[7]
Rozměr t, d [mm]	–	–	–	–
Stav	.1	.3	.3	.3 .2
Mez kluzu R <sub>e</sub> nebo R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] min	–	588	–	–
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]				max 637 –
Tvrdost HB	min 152	max 197	max 197	– max 207
Modul pružnosti E [GPa]	206			
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]	79			

Polotovary	[2]	[3]	[2]	[1] [2] <sup>2)</sup>
Rozměr t, d [mm]	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	–	30 <sup>1)</sup> 63 <sup>1)</sup>
Stav	.4	.4	.6	.4
Mez kluzu R <sub>e</sub> nebo R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] min	–	588	–	680 inf. 560
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa] min	785	785		900 inf. 800
Tažnost A <sub>5</sub> [%] min	10	10	–	10 inf. 10
Koncentrace Z [%] min	30	30	–	30 inf. 30
Vrbová houževnatost KCU 3 [J.cm <sup>-2</sup> ] min	49	49		50 inf. 50
Tvrdost HB	min 239	min 239	208-269	– –

Fyzikální vlastnosti

Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita
ρ [kg . m <sup>-3</sup> ]	c <sub>p</sub> [J . kg <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> ]	α [K <sup>-1</sup> ]	λ <sub>t</sub> [W . m <sup>-1</sup> . K <sup>-1</sup> ]	ρ [Ω . m]
7 850	–	11,0.10 <sup>-6</sup>	–	–



### Příloha 3:

#### Parametry nástrojařské frézy FNG 32

## FNG 32

Nástrojařské frézky



TOS Olomouc s.r.o.

Tovární 1180/30  
77900, Olomouc - Hodolany  
Telefon: 587 404 111  
Fax: 587 439 889

IČO: 43965156  
DIČ: CZ43965156

E-mail: [tos@tos-olomouc.cz](mailto:tos@tos-olomouc.cz)  
WWW: [www.tos-olomouc.cz](http://www.tos-olomouc.cz)

#### Hlavní technická data

##### Pracovní stůl

Délka upínací plochy	800 [mm]
Upínací plocha stolu	400 x 800 [mm]
Šířka upínací plochy	400 [mm]
Max. zatížení stolu	350 [kg]

##### Pracovní rozsah

Podélný pojezd X	600 [mm]
Příčný pojezd Y	400 [mm]
Svislý pojezd Z	400 [mm]

##### Vřeteno

Rozsah otáček	50 - 4000 [min-1]
Počet stupňů otáček	
Výkon hlavního motoru	4,0 [kW]
Kužel ve vřetenu	ISO 40

#### Příslušenství

Obrážecí hlava  
Sklopný stůl otočný  
Opěrné rameno s ložiskem  
Univerzální dělička  
Otočný stůl ruční  
Frézovací trny a redukce

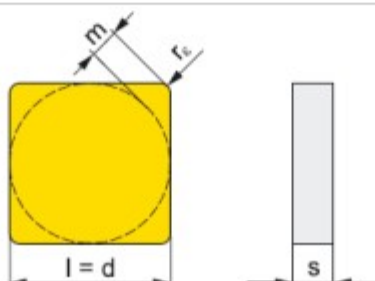
## Příloha 4:

### Specifikace břitové destičky SNUN 120412;S30

Popis	Použito u VBD / Použité při VRD: <b>SNUN 120408, SNUN 120412</b> <b>SNUN 150412</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- standardní negativní řezná geometrie</li> <li>- prioritně jsou tyto VBD určeny pro soustružení</li> <li>- vhodná pro obrábění materiálů skupin K a H, dále použitelná pro materiály skupiny P</li> <li>- pro frézy s úhlem nastavení 75°</li> <li>- pro velikost 12 jsou k dispozici rádiusy 0,8 a 1,2</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- štandardná negatívna rezná geometria</li> <li>- prioritne sú tieto VRD určené pre sústruženie</li> <li>- vhodná pre obrábanie materiálov skupín K a H, použiteľná aj pre materiály skupiny P</li> <li>- pre frézy s uhlom nastavenia 75°</li> <li>- pre veľkosť 12 sú k dispozícii rádiusy 0,8 a 1,2</li> </ul>	
Rozsah řezných podmínek / Rozsah rezných podmienok:	
$f_z$	$(0,10) \div 0,40$ [mm.zub <sup>-1</sup> ]
$a_p$	$0,5 \div (9,0) 13,5$ [mm]

### Základní charakteristiky PRAMET Vyměnitelná břitová destička SNUN, S30

Objednávací číslo: <b>SNUN 120412</b>	
$r_c$ :	<b>1,20 mm</b>
$d$ :	<b>12,70 mm</b>
$m$ :	<b>2,30 mm</b>
$s$ :	<b>4,76 mm</b>
$a_{pmax}$ :	<b>9,00 mm</b>
$a_{pmin}$ :	<b>1,20 mm</b>
$f_{min}$ :	<b>0,10 mm</b>
$f_{max}$ :	<b>0,40 mm</b>
$l$ :	<b>12,70 mm</b>
materiál:	<b>S30</b>
velikost:	<b>1204</b>



# **Příloha 5:**

## **Naměřené hodnoty drsnosti povrchu**

Procesní kapalina VASCO 1000			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	0,74	4,75	2,17
2	0,66	4,19	2,24
3	0,75	5,05	2,48
4	0,72	4,60	2,45
5	0,63	4,19	2,25
6	0,83	4,65	2,67
7	0,72	4,55	2,44
8	0,78	4,81	2,98
9	0,90	5,26	2,74
10	0,77	4,76	2,76
Ø hodnota	0,75	4,68	2,52
(+;-)	0,06	0,25	0,20

Procesní kapalina CIMSTAR 620			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	1,02	6,32	3,63
2	0,73	4,39	2,74
3	0,73	4,49	2,59
4	0,74	4,39	2,34
5	0,74	4,42	2,22
6	0,73	4,45	2,54
7	0,76	5,52	2,65
8	0,73	4,47	2,49
9	0,78	4,76	2,26
10	0,75	4,66	2,62
Ø hodnota	0,77	4,79	2,61
(+;-)	0,07	0,48	0,30

Procesní kapalina EOPS 1030			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	0,81	5,92	4,86
2	0,82	5,19	2,78
3	0,73	4,18	2,39
4	0,72	4,59	2,87
5	0,78	5,14	2,71
6	0,81	4,41	2,56
7	0,82	5,12	3,28
8	0,80	4,35	2,30
9	0,82	4,85	2,41
10	0,84	4,96	3,04
Ø hodnota	0,80	4,87	2,92
(+;-)	0,03	0,39	0,56

Procesní kapalina HOCUT 795 B			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	0,96	5,26	2,77
2	0,93	5,94	2,85
3	0,85	5,00	3,07
4	0,95	6,81	3,29
5	0,83	5,31	3,10
6	0,83	5,16	3,90
7	0,77	4,90	2,20
8	0,89	5,45	6,44
9	0,83	5,32	3,58
10	0,89	5,36	2,85
Ø hodnota	0,87	5,45	3,41
(+;-)	0,05	0,42	0,88

Procesní kapalina GRINDEX 10			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	0,93	7,03	2,78
2	1,07	5,26	5,43
3	0,88	4,81	2,73
4	1,07	5,69	6,63
5	1,03	7,22	2,99
6	0,95	5,18	3,67
7	1,00	5,62	2,32
8	0,93	6,65	2,96
9	0,99	5,09	3,70
10	0,91	5,02	3,47
Ø hodnota	0,98	5,76	3,67
(+;-)	0,05	0,67	1,02

Procesní kapalina VODA			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	1,30	6,61	3,46
2	0,91	7,42	3,71
3	0,77	5,83	3,21
4	0,96	7,78	5,20
5	1,31	7,12	3,77
6	0,86	6,36	3,52
7	0,96	6,73	3,90
8	1,22	6,45	3,03
9	0,89	6,52	4,08
10	0,81	6,67	3,05
Ø hodnota	1,00	6,75	3,69
(+;-)	0,15	0,42	0,48

Procesní kapalina BLASOCUT BC 35 KOMBI			
Měření	Ra [μm]	Rz[μm]	C <sub>tp</sub> 50
1	0,77	5,02	2,76
2	1,02	5,80	5,42
3	1,05	5,74	2,72
4	1,00	5,56	6,63
5	0,96	5,55	2,98
6	0,99	5,67	3,66
7	0,71	4,44	2,32
8	1,17	7,27	2,95
9	0,94	5,57	3,69
10	0,87	5,12	3,47
Ø hodnota	0,95	5,57	3,66
(+;-)	0,10	0,55	1,02